
Teräsrunkoisen varastotasanteen valmistuksen ja asennuksen dokumentointi



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Riihimäki, 06.02.2013

Joni Lehmuskanta

A solid grey vertical rectangular bar located at the bottom center of the page.

RIIHIMÄKI

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinööri

Tekijä	Joni Lehmuskanta	Vuosi 2013
Toimeksiantaja	Metallirakenne Lehmuskanta & Co	
Työn nimi	Teräsrunkoisen varastotasanteen valmistuksen ja asennuksen dokumentointi	

TIIVISTELMÄ

Tehtävänäni oli valmistaa ja asentaa toimeksiantajani Metallirakenne Lehmuskanta & Co:n asiakkaalle Kolarikorjaamo Sorsa Oy:lle teräsrunkoinen varastotasanne heidän toimitilojensa uuteen laajennukseensa. Työn tavoite oli valmistaa teräsrakenne kustannustehokkaasti ja saada toimeksiantajalle tyytyväinen asiakas.

Työssä sovellettiin uudentyyppistä ajatusmallia, jossa varastotasanteen teräsrungon valmistus tapahtui kokonaan tuotantotiloissa. Tämän mahdollisti teräsrungon elementtimäinen rakenne, jonka ansiosta tuotanto tehostui ja asiakkaan tiloissa tapahtuva asennus nopeutui ja helpottui.

Lopputuloksena saatiin yksittäinen tuotekokonaisuus, johon asiakas on erittäin tyytyväinen. Johtopäätöstä tehdessä havaittiin, että elementeistä rakennettu teräsrunko on nopeampi ja halvempi rakentaa kuin yksittäisistä teräspalkeista rakennuttede runko.

Avainsanat tuotantotekniikka, hitsaustekniikka, teräsrakenteet ja elementtirakentaminen

Sivut 61 s. + liitteet 72 s.



RIIHIMÄKI

Mechanical engineering and production technology

Engineer

Author

Joni Lehmuskanta

Year 2013

Subject of Bachelor's thesis

Steel storage platform for the production and installation documentation

ABSTRACT


My assignment was to install and construct a steel bodied warehouse platform, for my employers Metallirakenne Lehmuskanta & Co, customer Kolarikorjaamo Sorsa Oy for the expansion of their business premises. The goal of the job was to build a steel structure cost efficiently and to gain a new happy customer for my employers.

The job was done utilizing a new kind of ideology, in which the steel body of the platform was fully constructed in the production site. This was allowed by the elemental like structure of the steel body. The benefits from this were production efficiency and quicker and easier installation in the premises of our customer.

The result of this project was a single piece of merged products, to which the customer was really happy. Doing the conclusion we came to the realization that a steel body build from element pieces is a lot faster and cheaper to build then a body made out of steel blocks.

Keywords Production technology, Welding technology, Steel structures and Element in the construction

Pages 61 p. + appendices 72 p.



MIG = Metal-arc Inert Gas, Metalli-kaari inertti kaasu

MAG = Metal-arc Activ Gas, Metalli-kaari aktiivi kaasu

TIG = Tungsten Inert Gas, Wolframi inertti kaasu

RAL = German Reichs-Asshuichuss für Lieberdigungen und Gütesicherung, Saksan valta
kunnankomitean toimitus- ja laadunvarmistus

NC = Numerical Conrol, Numeraalinen ohjaus

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	KONSEPTISUUNNITTELU	2
3	TERÄSRAKENTEEN MITOITUS	7
3.1	Mitoituksen kuvaus	8
3.2	Palkintaipuma.....	12
3.3	Tolpan nurjahdus.....	15
3.4	Palomitoitus.....	18
3.5	Rappusten ja kaiteiden mitoitus	22
4	RAKENTEIDEN VERTAILU	23
4.1	Perinteinen menetelmä	23
4.2	Uusi menetelmä.....	26
4.3	Lopullinen valinta	27
5	VALMISTUS MENETELMIEN TEORIA.....	28
5.1	Hiekkapuhalluksen teoria.....	28
5.2	Sahauksen teoria.....	28
5.3	Hitsauksen teoria	28
5.3.1	Sulahitsaus	38
5.3.2	Jauhekaarihitsaus	39
5.3.3	Kaasukaarihitsaus	40
5.3.4	Puristushitsaus	42
5.3.5	Pistehitsaus	42
5.4	Porauksen teoria	43
5.5	Hionta	43
6	ELEMENTTIEN VALMISTAMISEN KUVAUS.....	45
6.1	Raaka-aineet	46
6.2	Työtasot.....	47
6.3	Hiekkapuhallus.....	48
6.4	Sahaus.....	50
6.5	Hitsaus ja hionta	51
6.6	Maalaus	52
7	RAPPUSELEMENTTI.....	53
8	KAIDE-ELEMENTTI.....	55
9	KULJETUS	56
10	ASENNUS.....	57

11 JOHTOPÄÄTÖKSET	59
LÄHTEET	60

Liite 1	ERIKOISKULJETUSLUVAN LUPAEHDOT 4/2010
Liite 2	ASIAKASTYYTYVÄISYYSKYSELY
Liite 3	PIIRUSTUKSET

1 JOHDANTO

Toimeksiantajani Metallirakenne Lehmuskanta & Co on metallialan yritys. Tärkeimmät palvelut, jota yritys tuottaa ovat hitsaus-, hiekkapuhallus- ja maalauspalvelut. Yritys on perustettu vuonna 1985 ja se työllistää muutaman henkilön.

Metallirakenne Lehmuskanta & Co sai talvella 2010–2011 tarjouspyynnön Markku Sorsalta. Hän pyysi tarjoustaan teräsrunkoisesta varastotasanteesta Kolarikorjaamo Sorsa Oy toimitilojen laajennusosaan tulevaa teräsrunkoista varastotasannetta varten. Valmiita rakennekuvia varastotasanteesta ei ollut olemassa. Valmiina oli vain tila, johon varastotasanne pitäisi rakentaa. Käytiin mitoittamassa laajennusosa, jotta pystyttäisiin suunnittelemaan varastotasanteen runko. Samalla saatiin ehtoja jotka tuli ottaa huomioon suunnittelussa.

Ensimmäinen ehto: maalivarasto siirrettäisiin vanhalta puolelta uuteen laajennukseen eli maalivaraston pitäisi mahtua tasanteen alle. Toinen ehto: tasanteella tulitaisiin varastoimaan autojen varaosia. Arvioitu rasitus tulisi olemaan noin 50 kg/m^2 . Kolmas ehto: runkorakenteiden tulisi mahtua ovesta sisään. Neljäs ehto: runko tulisi maalata seinän väriseksi. Väri numero oli RAL 7042 (vaalean harmaa). Viides ehto: kuinka pitkälle tasannetta rakennetaan takaseinästä? Kuudes ehto: tasanteen tulisi yltää seinästä seinään. Saatiin lupa kiinnittää rakenteet betonilattiaan kiila-ankkureilla sekä lupa hyödyntää puupilareita rakenteiden kiinnityksessä.

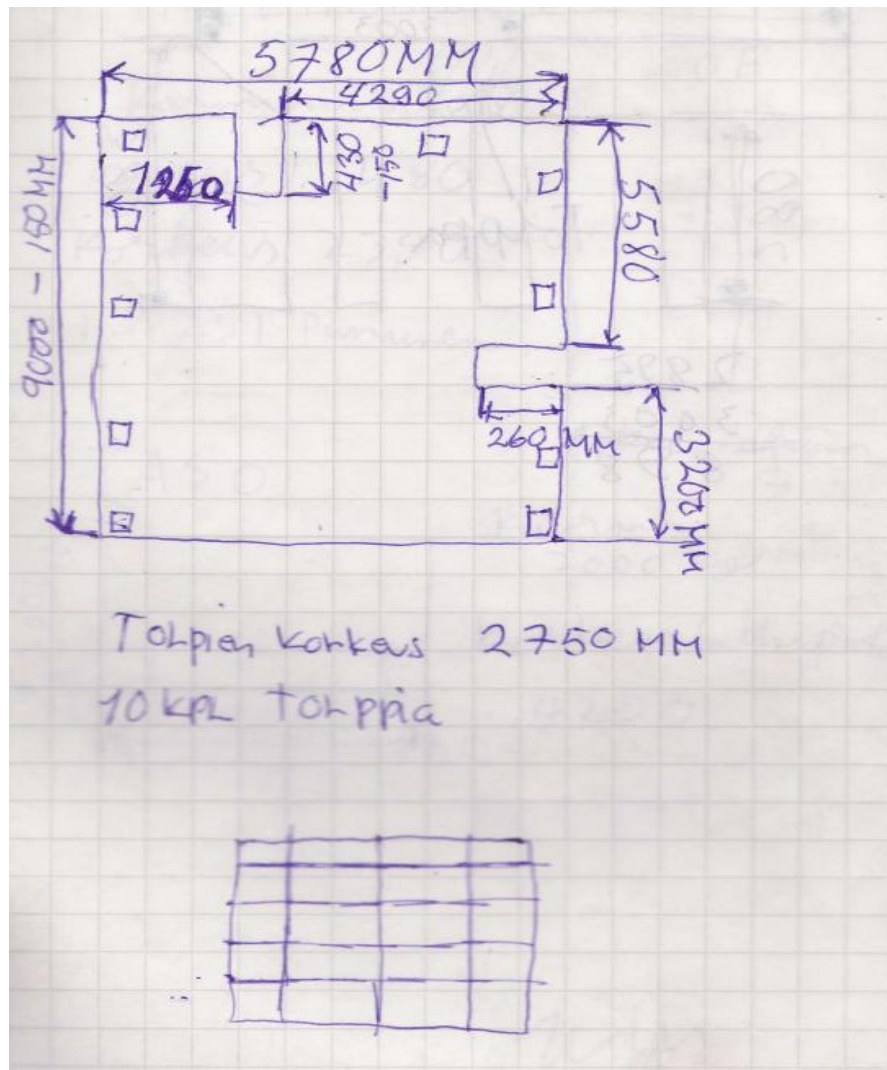
2 KONSEPTISUUNNITTELU

Ensimmäinen ajatus mahdollisesta tilauksesta oli sen massiivisuus, joka ei olisi mahdoton toteuttaa. Alusta asti oli selvää, että hintaa saataisiin merkittävästi alemmaksi vain, jos tilaajan tiloissa tehtävää asennusta pystyttäisiin nopeuttamaan.

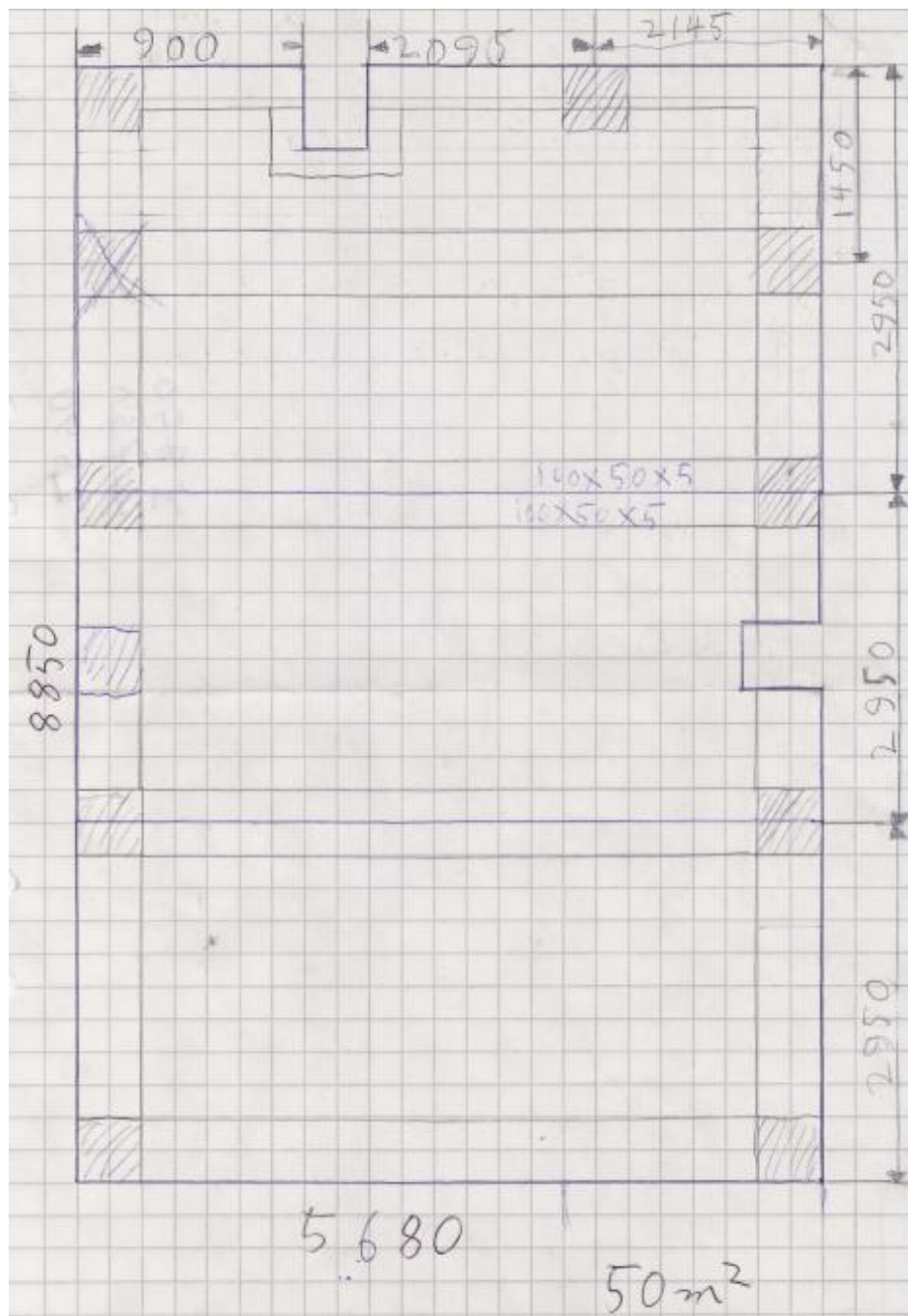
Tällöin perinteinen asennustapa tulee liian kalliiksi. Perinteisellä asennustavalla tarkoitetaan sitä, kun tuodaan teräspalkki kerrallaan sisään ja asennetaan tämä ennen seuraavaa palkkia. Perinteinen asennuspa tuntui huonolta vaihtoehdolta, joten ajatus elementtirakenteesta syntyi. Tasanteen pituus ja leveys olivat selvästi isompia, mitä oviaukko oli leveä. Elementtirakenteen korkeus ei tulisi olemaan ongelma. Elementit suunniteltaisiin mahdollisimman isoiksi, mutta kuitenkin niin, että ne mahtuisivat ovesta sisään. Tilan mitoitus on esitetty kuvassa 1.

Ensimmäisiä luonnoksia tehtäessä ajatus elementtien asennuksesta alkoi seljettä. Elementtien pituudet olisivat korkeintaan niin pitkät kuin halli olisi kaapeimmasta kohdasta leveä. Elementtien leveys olisi tarpeeksi pieni, että ne mahtuisivat oviaukosta sisään pitkittäin yksi kerrallaan.

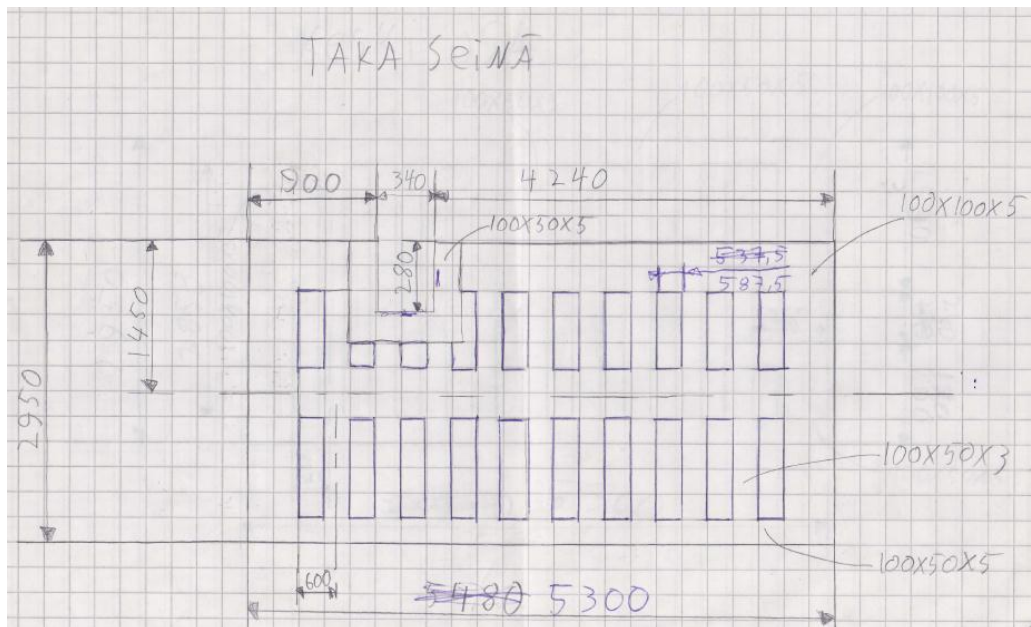
Tällä ajatuksella valmistuivat ensimmäiset luonnokset elementeistä (kuvat 2. 3. 4. 5.) Luonnosten mittojen mukaan pystyi laskemaan tarjouksen, vaikka vielä ei ollut jokainen pieni yksityiskohta selvillä. Näitä yksityiskohtia mietittäisiin tarkemmin, jos tarjous hyväksyttäisiin.



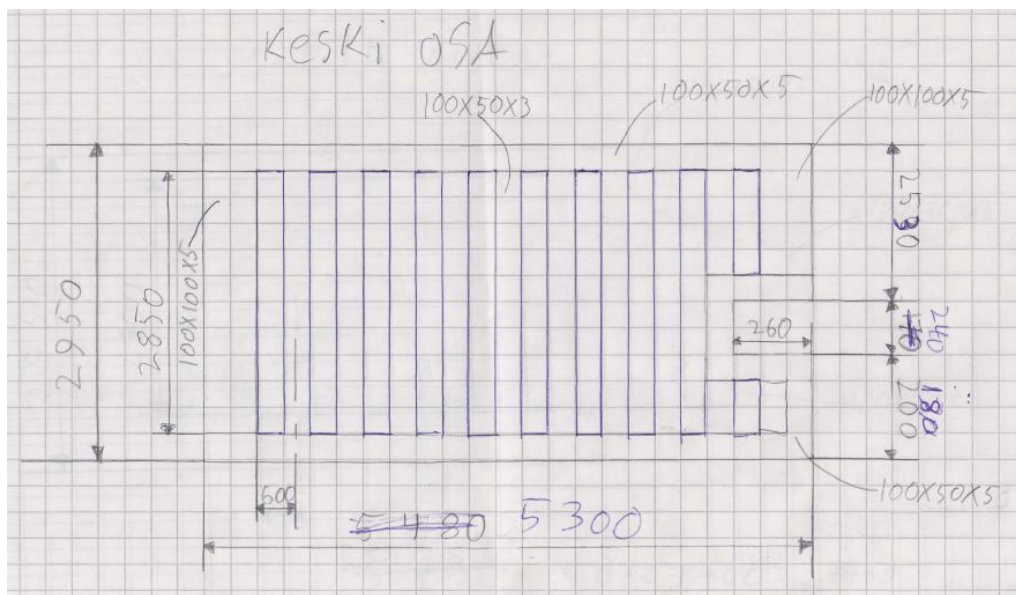
Kuva 1. Tilan mitoitus piirros



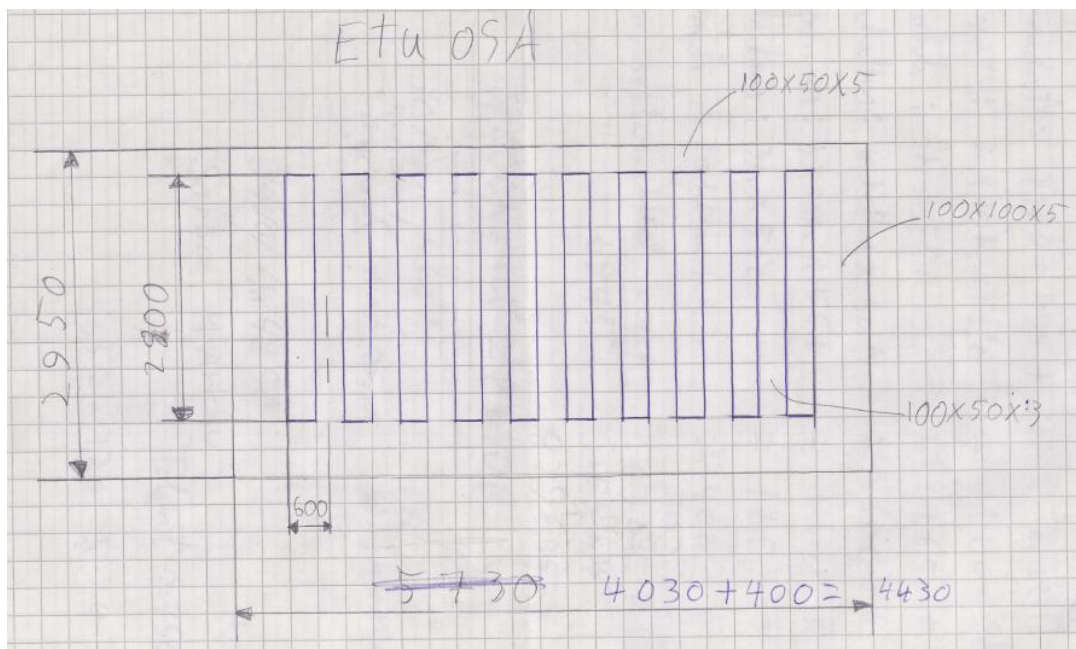
Kuva 2. Luonnos valmiista tilasta.



Kuva 3. Luonnos takaseinän elementistä ylhäältä päin kuvattuna



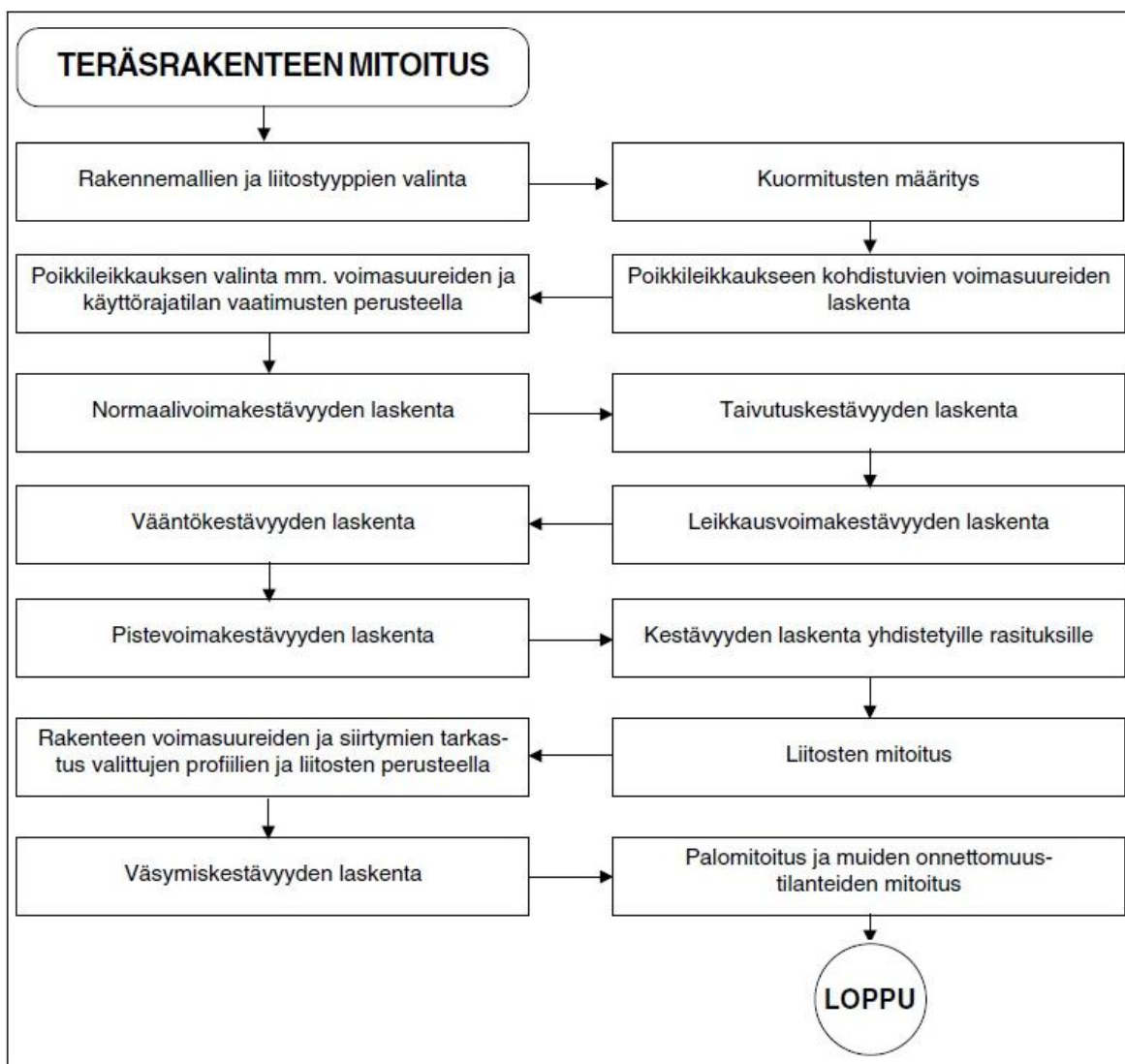
Kuva 4. Luonnos keskimmäisestä elementistä ylhäältä päin kuvattuna



Kuva 5. Luonnos etummaisesta elementistä ylhäältä päin kuvattuna

3 TERÄSRAKENTEEEN MITOITUS

Tarjouksen hyväksymisen jälkeen päästiin aloittamaan teräsrakenteen tarkempi suunnittelu. Suunnittelun tietolähteenä käytettiin rautaruukin suunnittelijanoppaita, jotka pohjautuvat ensisijaisesti yhteiseurooppalaiseen teräsrakenteiden suunnittelussa käytettävään Eurocode 3:een. Lujuuslaskenta aloitettiin määrittelemällä arvioidut kuormat. Määriteltyjen kuormien avulla pystyttiin mitoittamaan rakenneosia ja arvioimaan rakenteen käyttäytymistä. Kaaviossa 1. on esitetty teräsrakenteen mitoituksen periaatekaavio.



Kaavio 1. Teräsrakenteen mitoituksen yksinkertainen periaatekaavio (Rautaruukki Oyj 2010, 524)

3.1 Mitoituksen kuvaus

Ensimmäiseksi valittiin teräsrakenteen rakennemalli ja liitostyyppi. Rakennemalliksi valittiin elementtirakenne ja elementtien liitostyyppiä haluttiin hitsausliitos. Teräsrakenteen käyttötarkoituksena tulisi olemaan varasto, joten kuormitukseksi arvioitiin tasaiseksi noin 50 kg/m^2 .

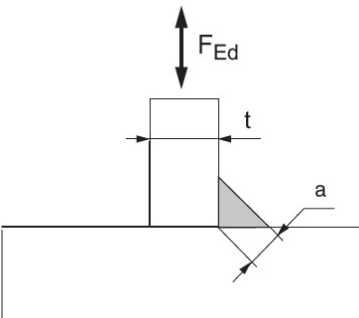
Poikkileikkauksiksi haluttiin nelikulmaiset teräsprofiilit, joihin on helppo liittää muita nelikulmioprofiileja. Profiilit valittiin seuraavasti: päärunko- ja tolppaprofiilit $100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$ neliöprofiilia, elementtien liitosprofiilit $100 \text{ mm} \times 50 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$ nelikulmioprofiilia ja välipienaprofiilit $100 \text{ mm} \times 50 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$ nelikulmioprofiili.

Valittujen profiilien kestävyyttä tarkastellaan matemaattisesti lujuuslaskennan avulla. Tarvittaessa muutetaan valittujen profiilien mittoja. Seuraavaksi lasketaan normaalivoimakestävyys, taivutuskestävyys, leikkausvoimakestävyys, vääntökestävyys ja pistevoimakestävyys.

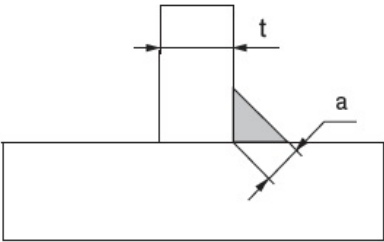
Tässä tapauksessa lasketaan vain rungon taivutuskestävyys ja tolppien normaalivoimat nurjahduksen varalta. Perusteluina käytetään seuraavaa: Puhtaita leikkausjännityksiä, jotka ovat merkittäviä, esiintyy pääsääntöisesti ruuvi- ja niittiliitoksissa. Vääntö on estetty välipienoilla. Pistevoimaa ei tarkastella, koska kuormitus oletetaan tasaisesti jakautuvaksi. Joten taivutuskestävyys ja nurjahtaminen ovat oletettavasti merkittävät ja rajoittavat tekijät mitoituksessa. Yhdistettyjä rasituksia ilmenee käytössä. Niitä on kuitenkin vaikea arvioida mitoituksen laskennassa. (Valtanen 2008, 435–457.)

Hitsausliitosten mitoitus tehtiin 1. ja 2. taulukkojen avulla. Palkin taipuman mitoitusohjeet on esitetty taulukossa 3. Piirustuksissa olevat V- ja puoli V-hitsit oletetaan läpi hitsatuiksi. Läpi hitsatut liitokset ovat yhtä kestäviä, kuin liitettävät perusaineet, jolloin niitä ei tarvitse mitoittaa erikseen. Oletetaan ettei väsyttävää kuormitusta esiinny tässä tapauksessa, koska kuormituksen oletettiin olevan tasaista ja jatkuvaa. Tällöin merkittäviä kuorman vaihteluita ei esiinny. Palomitoituksesta on kerrottu tarkemmin luvussa 3.3

Taulukko 1. Pienahitsin mitoitusaulukko (Rautaruukki Oyj 2012, 201)

<p>Putkeen kohdistuvan aksiaalisen vedon, puristuksen ja/ tai taivutuksen suhteen tasalujan pienahitsin vaadittava a-mitta, kun hitsi kiertää putken piiriin ympäri</p>				
	Teräslaji	Myötölujuus ^{a)} f_y (N/mm ²)	Murtolujuus ^{a)} f_u (N/mm ²)	Hitsin a-mitta ^{b)}
	S235H	235	360	0,92 · t
	S275H	275	430	0,96 · t
	S355H	355	510	1,11 · t
	S275NH	275	370	1,12 · t
	S355NH	355	470	1,20 · t
	S460NH	460	550	1,48 · t
	S275MH	275	360	1,15 · t
	S355MH	355	470	1,20 · t
	S420MH	420	500	1,48 · t
	S460MH	460	530	1,53 · t
<p>a) Nimelliset lujuusarvot b) Kuitenkin vähintään $a \geq 3$ mm.</p>				
<p>- Tämän taulukon arvot on laskettu Eurocoden osien EN 1993-1-1 ja EN 1993-1-8 suositusarvoilla $\gamma_{M0} = 1,0$ ja $\gamma_{M2} = 1,25$. Maakohtaiset vaatimukset on tarkastettava kyseisen maan kansallisesta liitteestä (= NA, National Annex).</p>				
<p>- Taulukon a-mitat pätevät:</p> <ul style="list-style-type: none"> - kun liitettävään rakenneputkeen kohdistuu vain suoraa vetoa tai puristusta - kun hitsi kiertää liitettävän rakenneputken piiriin ympäri - kun liitettävä rakenneputki on samaa tai alempaa lujuusluokkaa kuin viereinen rakenneos - kun käytetään hitsausainetta, jonka myötölujuuden ja murtolujuuden minimiarvot vastaavat vähintään liitettävän rakenneputken vastaavia arvoja. 				

Taulukko 2. Putki-pienahitsin mitoitus taulukko (Rautaruukki Oyj 2012, 203)

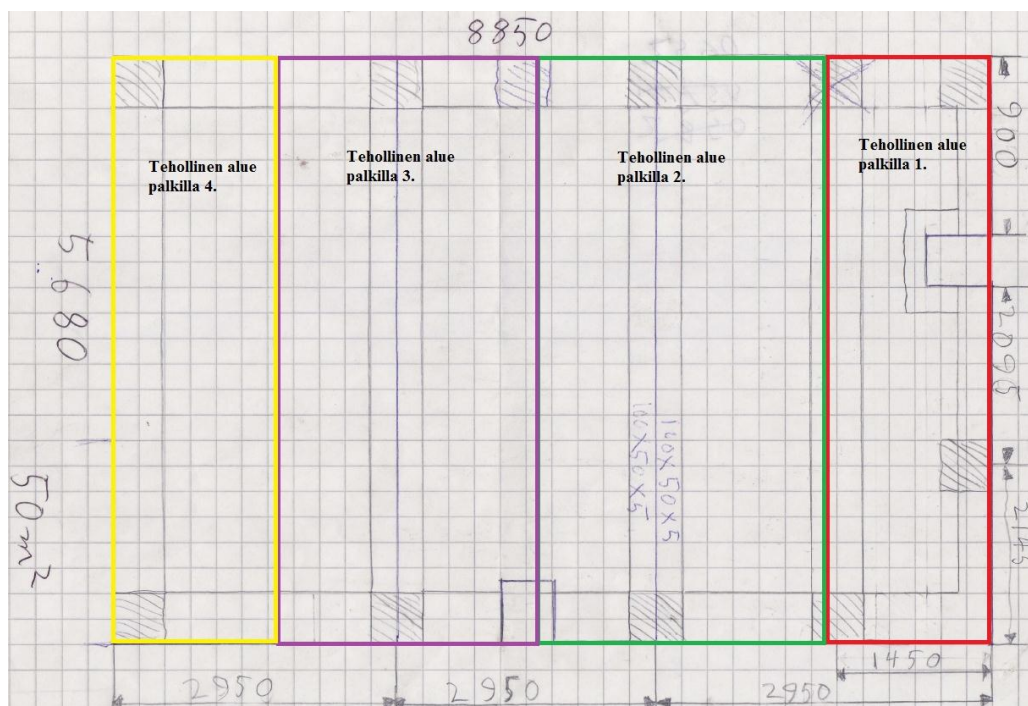
Putkeen kohdistuvan aksiaalisen vedon, puristuksen, taivutuksen ja/ tai leikkauksen suhteen vähintään tasalujan pienahitsin vaadittava a-mitta, kun hitsi kiertää putken piirin ympäri				
	Teräslaji	Myötölujuus ^{a)} f_y (N/mm ²)	Murtolujuus ^{a)} f_u (N/mm ²)	Hitsin a-mitta ^{b)}
	S235H	235	360	1,13 · t
	S275H	275	430	1,18 · t
	S355H	355	510	1,36 · t
	S275NH	275	370	1,37 · t
	S355NH	355	470	1,47 · t
	S460NH	460	550	1,81 · t
	S275MH	275	360	1,41 · t
	S355MH	355	470	1,47 · t
	S420MH	420	500	1,82 · t
	S460MH	460	530	1,88 · t
a) Nimelliset lujuudet b) Kuitenkin vähintään $a \geq 3$ mm.				
- Tämän taulukon arvot on laskettu Eurocoden osien EN 1993-1-1 ja EN 1993-1-8 suositusarvoilla $\gamma_{M0} = 1,0$ ja $\gamma_{M2} = 1,25$. Maakohtaiset vaatimukset on tarkastettava kyseisen maan kansallisesta liitteestä (= NA, National Annex). - Taulukon a-mitat pätevät: <ul style="list-style-type: none"> - riippumatta rakenneputken seinämässä vaikuttavien jännitysten resultantin suunnasta - kun hitsi kiertää liitettävän rakenneputken piirin ympäri - kun liitettävä rakenneputki on samaa tai alemmaa lujuusluokkaa kuin viereinen rakenneosa - kun käytetään hitsausainetta, jonka myötölujuuden ja murtolujuuden minimiarvot vastaavat vähintään liitettävän rakenneputken vastaavia arvoja. 				

Taulukko 3. Taulukossa on kerrottu sallitun taipuman raja-arvoja (Rautaruukki Oyj 2010, 527)

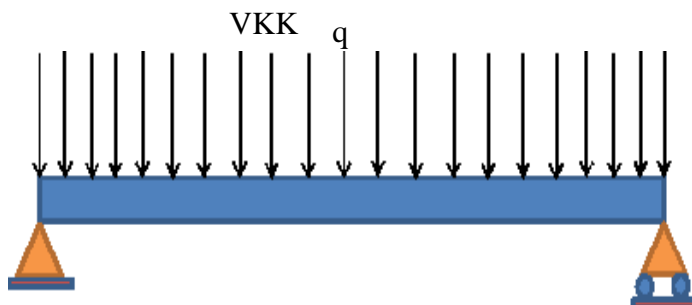
Eurocoden osan EN 1993-1-1 Suomen kansallisen liitteen mukaiset taipumien ja siirtymien käyttörajatilat [17]	
Rakenne	Taipuman tai siirtymän raja-arvo
Pääkannattajat: - vesikatoissa ja katoksissa - välipohjissa	L / 300 L / 400
Ulokkeet	L / 150
Katto-orret	L / 200
Seinäorret	L / 150
Muotolevyt: - katoissa, joissa ei ole vesikeräytymien tai katteen vaurioitumisen vaaraa - katoissa, joissa vesikeräytymien tai katteen vaurioitumisen vaara on olemassa - kun $L \leq 4,5$ m - kun $4,5 \text{ m} < L \leq 6,0$ m - kun $L > 6,0$ m - välipohjissa - seinissä - ulokkeissa	L / 100 L / 150 30 mm L / 200 L / 300 L / 100 L / 100
Rakenteen vaakasiirtymän rajatila: - 1 ja 2 kerroksiset rakennukset - muut rakennukset	H / 150 H / 400
L = jänneväli H = rakennuksen tarkasteltavan kohdan korkeus	
Rakennukset, joissa on nosturirata, ks. Eurocoden osa EN 1993-6 ja sen kansallinen liite.	
Käytettäessä plastisuusteorian mukaista kokonaisanalyysiä murtorajatilassa, myös käyttörajatilassa voi esiintyä voimien ja momenttien uudelleen jakautumista. Jos niin tapahtuu, sen vaikutukset tulee ottaa huomioon [14,15,16].	

3.2 Palkintaipuma

Palkintaipuman laskemista varten varastotasanne piti jakaa neljään osaan. Jaako tapahtui kantavien palkkien mukaan. Päätypalkit kantavat puolet elementtinsä kuormasta. Keskimmäiset palkit kantavat yhden kokonaisen elementin kuorman. Laskettaessa palkkien 2. ja 3. taipumia tulee huomioida, että ne koostuvat kahdesta toisiinsa hitsatuista 100x50x5 palkeista. Arvioitu tasainen kuorma on laskettu 50 m^2 mukaan, mikä ei täysin vastaa todellista tilannetta.



Kuva 6. Kuvassa on kuvattu kantavien palkkien teholliset alueet.



Lähtötietoja elementille (takaseinä, palkki 1.)

Kokonaiskuorma jaettuna palkeille	kimmokerroin	palkin pituus	Neliömomentti 100x100x5 palkilla
$q=737.5 \text{ N/m}$	$E := 210 \cdot 10^9 \text{ Pa}$	$L := 5.7 \text{ m}$	$I = 271 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4$

Palkin taipuman kaava tasaiselle kuormalle

$$f_m := \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 E \cdot I} \quad (1)$$

Palkin taipuma maksimi

Taulukko 3. mukaan valitaan rakenne tyypiksi
katto-orret eli sallittu taipuma $L/200$

$$f_m = 0.013 \text{ m}$$

$$\text{Tässä tapauksessa } L/200 = 0.0265 \text{ m}$$

$$0.013 \text{ m} \leq 0.0265 \text{ m} \quad \text{OK!}$$

Lähtötietoja elementille (keskiosa, palkit 2. ja 3.)

Arvioitu tasainen kuorma	kimmokerroin	palkin pituus	Neliömomentti 100x50x5 palkille
$q := 2.95500 \text{ N/m}$	$E := 210 \cdot 10^9 \text{ Pa}$	$L := 5.7 \text{ m}$	$I = 2 \cdot 158 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4$

Palkin taipuman lasketaan kaavalla 1.

(Otetaan huomioon, että elementit hitsataan toisiinsa kiinni)

Palkin taipuma maksimi

$$f_m = 0.023 \text{ m}$$

$$0.023 \text{ m} \leq L/200$$

OK!

Lähtötietoja elementille (etuosa, palkki 4.)

Arvioitu tasainen kuorma	kimmokerroin	palkin pituus	Neliömomentti 100x100x5 palkilla
$q = 737.5 \text{ N/m}$	$E := 210 \cdot 10^9 \text{ Pa}$	$L := 4.4 \text{ m}$	$I = 271 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4$

Palkin taipuman lasketaan kaavalla 1.

Palkin taipuma maksimi

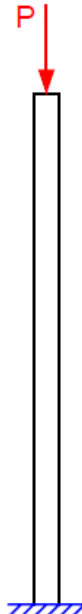
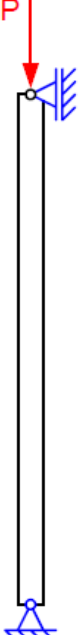
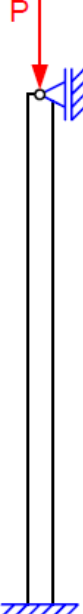
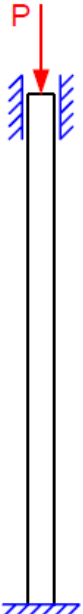
$$f_m = 6.5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$6.5 \cdot 10^{-3} \text{ m} \leq L/200$$

OK!

3.3 Tolpan nurjahdus

Taulukko 4. Eulerin nurjahdustapaukset (TAMK 2013, 2.)

N:o	I	II	III	IV
				
Tuenta	jäykkä - vapaa	nivel - nivel	jäykkä - nivel	jäykkä - jäykkä

Tapauksella 1. Tolpan nurjahduspituus on $2 \times L$

Tapauksella 2. Tolpan nurjahduspituus on L

Tapauksella 3. Tolpan nurjahduspituus on $0.7 \times L$

Tapauksella 4. Tolpan nurjahduspituus on $0.5 \times L$

Lähtötietoja

Tolpaksi valitaan 100x100x5 neliöputki
valitaan nurjahdustapaukseksi tapaus 3. (Tyssäntyminen) eli palkki on tuettu
jäykästi lattiaan ja yläpäästä palkki on nivelletty

$$E := 210 \cdot 10^9 \text{ Pa} \quad I := 271 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4 \quad l := 2.85 \text{ m}$$

$$l_n := 0.7 \cdot l \quad A := 18.4 \cdot 10^{-4}$$

Eulerin nurjahduskaava

$$F_n := \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l_n^2} \quad (2)$$

Hoikkuusluku

Hoikkuussuosituksia (SFS 3200)

Rautatie- ja katusiltojen pääkannattajat:	$\lambda \leq 150$
Maantiesiltojen pääkannattajat:	$\lambda \leq 170$
Muut rakenteet ja rakenneosat:	$\lambda \leq 200$
Kevyet rakenteet:	$\lambda \leq 250$

Hoikkuusluvun kaava

$$\lambda := \frac{l_n}{i} \quad (3)$$

jossa

$$i := \sqrt{\frac{I}{A}} \quad (4)$$

Hoikkuusluku

$\lambda=52$ Tällöin nurjahdus on plastinen

Nurjahdusvarmuus s355 palkille (Valtanen 2008,451)

Teräs $n=1.5-3.5$

$$R_e = 355 \cdot 10^6$$

Varmuuskertoimen kaava

$$n = \frac{R_e}{\sigma_{tod}} \quad (5)$$

Varmuusluku lasketaan arvioidulla kuormalla

Arvioitu kuorman vaikutus yhteen tolppaan

$$F = \frac{25000}{10}$$

$$\sigma_{todellinen} = \frac{F}{A} \quad (6)$$

$$\sigma_{todellinen} = 1.36 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

Nurjahdusvarmuus arvioidulla kuormalla lasketaan kaavalla 5.

$$n = \frac{355 \cdot 10^6 \text{ Pa}}{1.36 \cdot 10^6 \text{ Pa}}$$

Nurjahdusvarmuus arvioidulla kuormalla ja valitulla profiililla

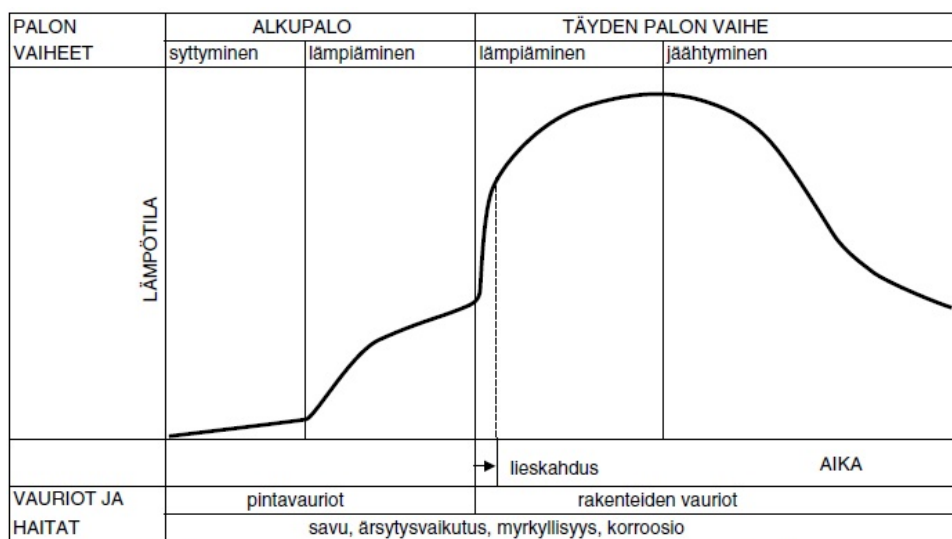
$n = 261$ OK!

Varmuusluku voisi olla pienempi

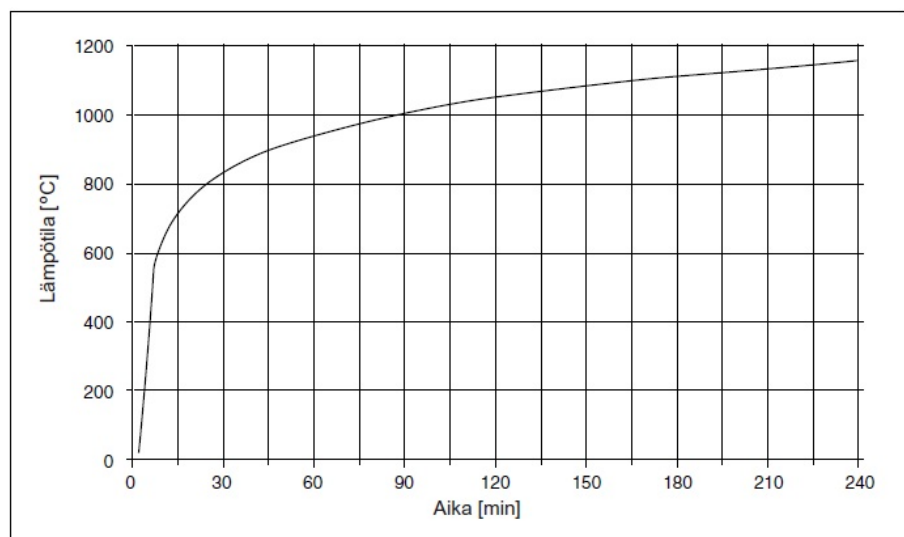
3.4 Palomitoitus

Palomitoituksen osalta elementtejä tarkasteltiin kimmokertoimen pienennyskertoimen avulla. Pienennyskerroin pienenee sitä mukaan, kun lämpötila nousee teräsrakenteessa. Palomitoituksessa oletettiin palon kehittyvän standardipalon mukaisesti. Kuvassa 7. on esitelty todellisen palotilanteen kehittymistä, mutta palon vaiheet eivät ole oikeassa suhteessa toisiinsa nähden. Todellisuudessa palon vaiheet voivat vaihdella huomattavasti.

Palotilassa olevat palavat materiaalit syttyvät lieskahdusvaiheessa eli lämpötilan ollessa noin 350–550 °C. Kuvassa 8. on esitelty ISO 834 standardin mukainen lämpötila-aikakäyrä. (Rautaruukki Oyj 2010, 479.)



Kuva 7. Todellisen palon vaiheet (Rautaruukki Oyj 2010, 479)



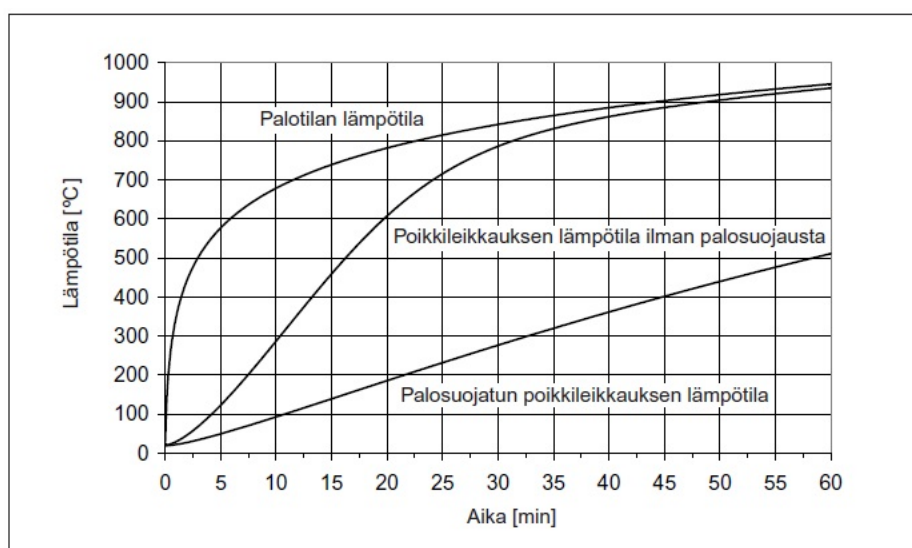
Kuva 8. Lämpötila-aikakäyrä, jossa lämpötila kuvaa kaasunlämpötilaa palotilanteessa (Rautaruukki Oyj 2010, 480)

Taulukossa 5. on esitelty pienennystekijöitä, joihin lämpötila vaikuttaa. Lämpötilojen väliarvoja voidaan interpoloida lineaarisesti. Näiden pienennystekijöiden avulla voidaan laskea ja arvioida teräksen käyttäytymistä lämpötilan noustessa. Kuvassa 9. on esitetty lämpötilan kehittymistä palotilassa, poikkileikkausta, jossa ei ole palosuojausta ja poikkileikkausta, jossa on palosuojaus. (Rautaruukki Oyj 2010, 482).

Taulukko 5. Lämpötilanvaikutus hiiliteräksen lujuuteen ja kimmokertoimeen (Rautaruukki Oyj 2010, 482)

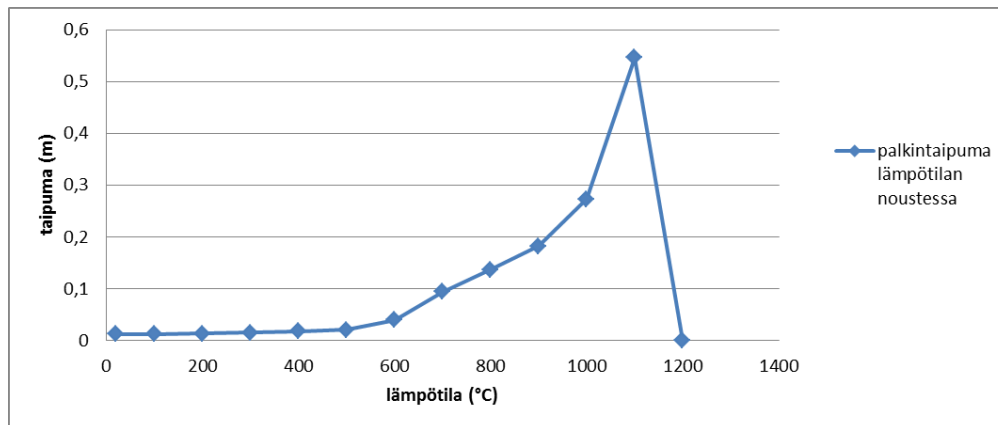
Teräksen lämpötila θ_a	Pienennystekijät lämpötilassa θ_a suhteessa 20 °C lämpötilaa vastaaviin arvoihin			
	Tehollisen myötölujuuden pienennystekijä (suhteessa arvoon f_y) $k_{y,\theta} = f_{y,\theta} / f_y$	Suhteellisuusrajan pienennystekijä (suhteessa arvoon f_y)		Kimmokertoimen pienennystekijä (suhteessa arvoon E_a) $k_{E,\theta} = E_{y,\theta} / E_a$
		PL-luokat 1-3 $k_{p,\theta} = f_{p,\theta} / f_y$	PL-luokka 4 $k_{p0,2,\theta} = f_{p0,2,\theta} / f_y$	
20 °C	1,000	1,000	1,00	1,000
100 °C	1,000	1,000	1,00	1,000
200 °C	1,000	0,807	0,89	0,900
300 °C	1,000	0,613	0,78	0,800
400 °C	1,000	0,420	0,65	0,700
500 °C	0,780	0,360	0,53	0,600
600 °C	0,470	0,180	0,30	0,310
700 °C	0,230	0,075	0,13	0,130
800 °C	0,110	0,050	0,07	0,090
900 °C	0,060	0,0375	0,05	0,0675
1000 °C	0,040	0,0250	0,03	0,0450
1100 °C	0,020	0,0125	0,02	0,0225
1200 °C	0,000	0,0000	0,00	0,0000

Väliarvot lämpötilan suhteen saadaan lineaarisesta interpolointia käyttäen.

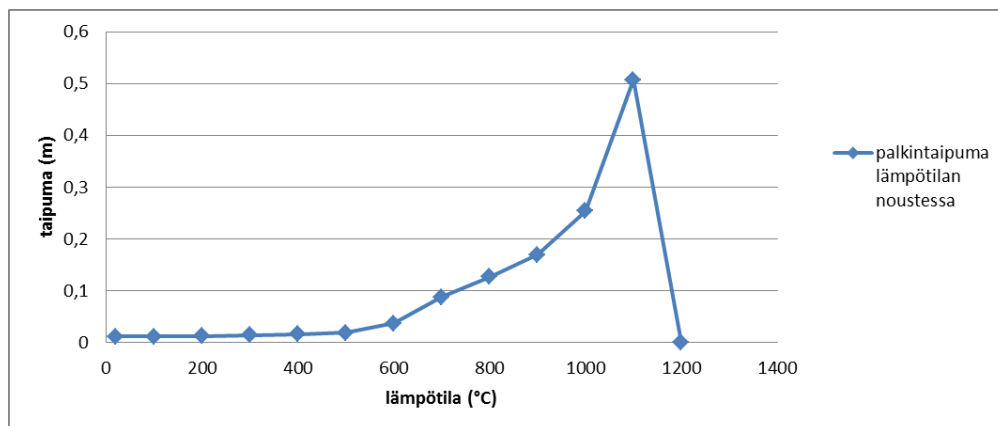


Kuva 9. Lämpötilan kehittyminen eri tapauksilla (Rautaruukki Oyj 2010, 509)

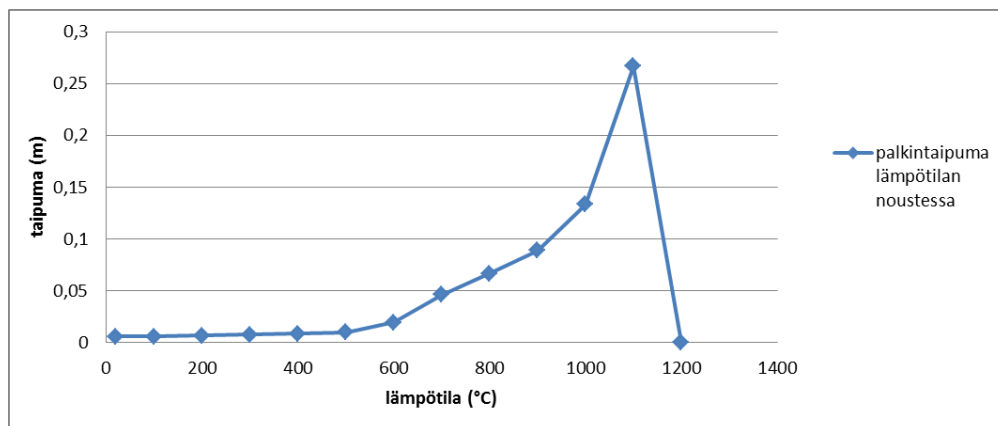
Alla olevissa kuvissa on kuvattu elementtien taipumaa tulipalossa. (Kuvissa 10. 11. 12.) Taipuma on laskettu taulukossa 5. esitettyjen kimmokertoimen pienennystekijöillä. Laskenta kaavana on käytetty kaavaa 1.



Kuva 10. Takaseinäelementin taipuma lämpötilan muuttuessa



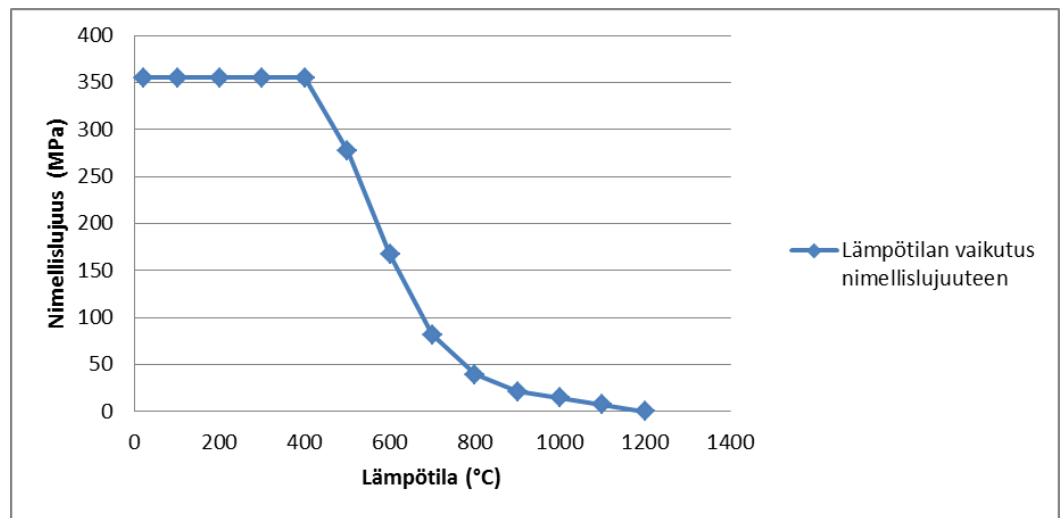
Kuva 11. Keskimäisenelementin taipuma lämpötilan muuttuessa



Kuva 12. Etummaisenelementin taipuma lämpötilan muuttuessa

Takaseinäelementin sallittu taipuma $L/200$ saavutetaan teräksen ollessa noin $500\text{--}550^\circ\text{C}$. Kuvan 8. mukaan, tähän kuluu noin 18 minuuttia palosuojaamatomalta teräsprofiililta. Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta vuodelta 2011 on määritetty että rakenteet, jotka eivät ole rakennuksen kantavan rungon tai jäykisteiden olennainen osa palokestävyys on 15 minuuttia paloluokasta riippumatta. Taipuman puolesta palomitoitus on OK. (Ympäristöministeriö 2011, 16).

Palomitoitus tolppien nurjahtamisen varalta laskettiin pienentämällä tehollista myöntölujuutta taulukosta 5. otetun pienennystekijän avulla. Kuvassa 13. on esitetty lämpötilan vaikutusta nimellislujuuteen.

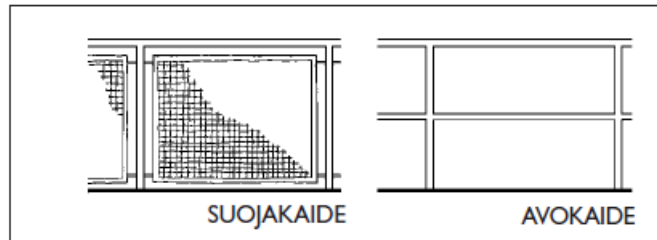


Kuva 13. Nimellislujuus muuttuu lämpötilan muuttuessa

Nimellislujuuden aleneminen tulipalossa ei vaikuta tolpan nurjahtamiseen vielä 1100°C lämmössä, jolloin nimellislujuus on $355\text{MPa} \times 0,02 = 7,1\text{ MPa}$. $7,1\text{ MPa} \geq 1,06\text{ MPa}$ eli varmuus kerroin olisi vielä 6,7. Nurjahdus varmuus tulipalossa on OK.

3.5 Rappusten ja kaiteiden mitoitus

Rappusten ja kaiteiden mitoitukseen sovelletaan ympäristöministeriön tekemää asetusta rakennuksen käyttöturvallisuudesta vuodelta 2001. Kaidetyypiksi valitaan avomallinen kaide, koska se soveltuu käyttötarkoitukseen parhaiten. Se on myös merkittävästi halvempi kuin suojakaide. Kuvassa 14. on esitelty avokaiteen ja suojakaiteen ero.



Kuva 14. Periaatekuva suoja- ja avokaiteesta

Kaiteen korkeudeksi valitaan 1000mm, mikä asetuksen mukaan riittää aina 6 metrin putoamiskorkeuteen saakka.

Rappusten leveydeksi valitaan 1000mm, joka on käyttötarkoitusta ajatellen sopiva. Teräsrutilästä valmistettuja askelmia on valmiiksi saatavilla, jolloin rappusten tekeminen helpottuu ja nopeutuu. Muita yleisesti käytettyjä valmiita askelmien leveyksiä ovat: 1200mm ja 800mm.

Nousukulma ja askelkorkeus valitaan tilaan ja käyttötarkoitukseen sopivaksi. Tässä tapauksessa askelkorkeus on 200mm ja nousukulma 47°, koska tällöin rappusten käyttäminen on joutuisaa ja lattia pinta-alaa ei tarvitse uhrata kohuttomasti rappusten takia. (Ympäristöministeriö 2001, 4–9.)

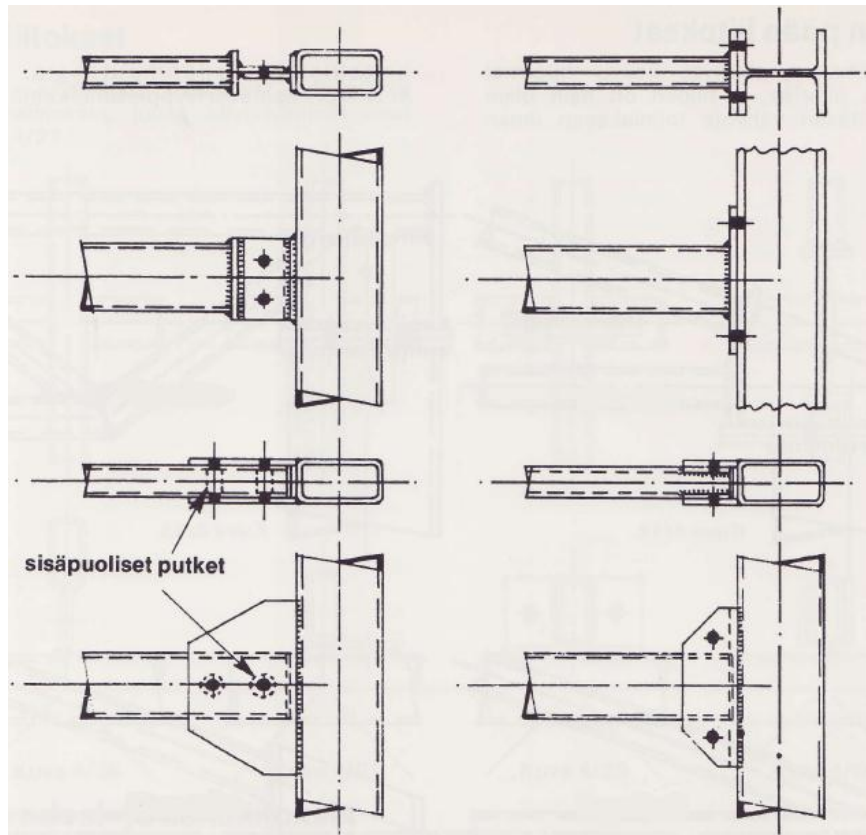
4 RAKENTEIDEN VERTAILU

Tässä luvussa on vertailtu perinteistä ja uutta menetelmää. Tarkoituksena on huomata uuden menetelmän edut ja haitat perinteiseen menetelmään verrattuna. Vertailun tarkoituksena on helpottaa asiakkaan päätöstä siitä, kummalla menetelmällä varastotasanne valmistetaan.

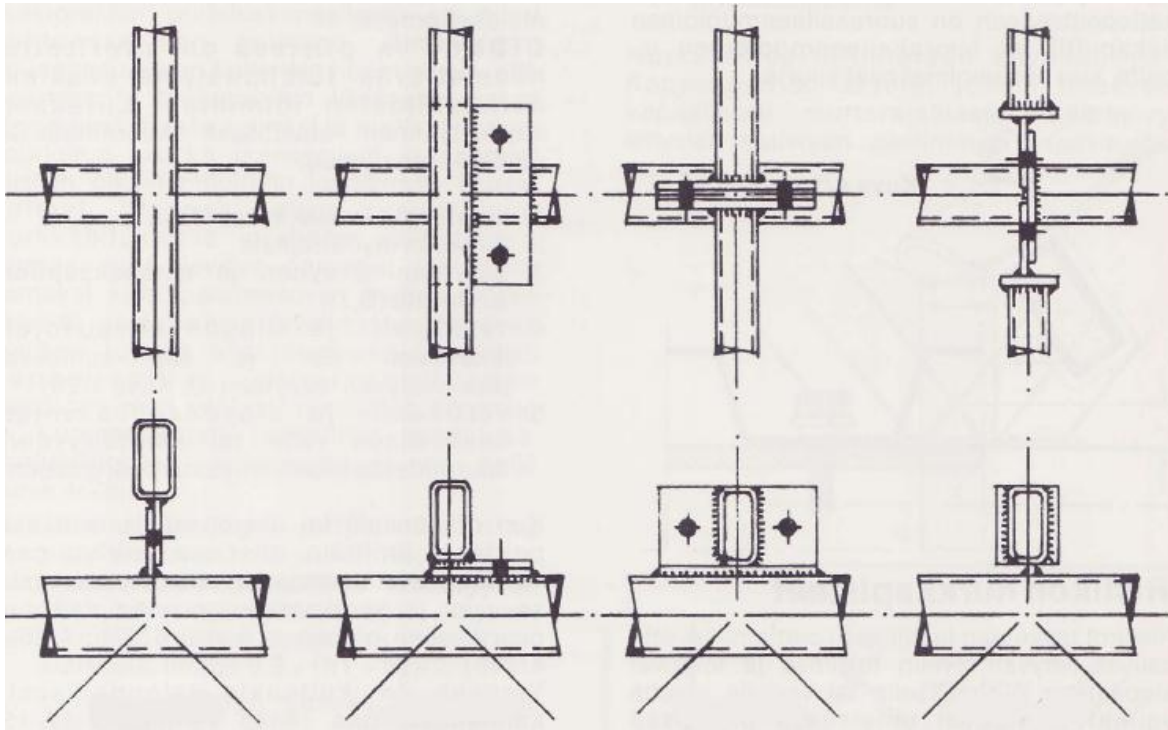
4.1 Perinteinen menetelmä

Perinteisen ja uuden rakenteen oleellisin ero löytyy runkopalkkien liitostavasta. Perinteisessä menetelmässä on vain muutama massiivinen runkopalkki, jotka kannattelevat tasannetta. Runkopalkit ovat usein liitetty toisiinsa ruuviliitoksella. Esimerkkejä ruuviliitoksista on kuvissa 15. ja 16. Tyypillisesti asennus tapahtuu palkki kerrallaan, mikä on aikaa vievää ja kallista. Runkopalkkien asennuksen jälkeen pääsee asentamaan välipohjaa, jonka tarkoituksena tässä tapauksessa olisi kannatella varsinaista lattiamateriaalia.

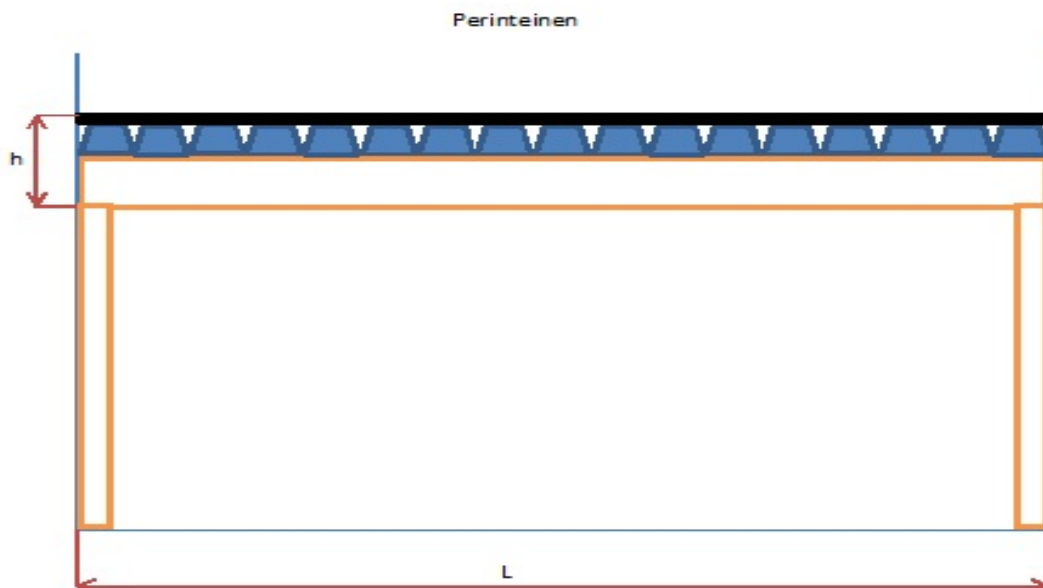
Lattiamateriaalina olisi käytetty 14 mm filmivaneria. Välipohjan tekeminen olisi helpoiten valmistettu itsekantavastapellistä. Kiinnitys olisi ollut haastavaa ja aikaa vievää, sillä itsekantavapelti kiinnitettäisiin massiiviseen runkopalkkiin. Välipohjan asennuksen jälkeen pitäisi vielä asentaa filmivaneri itsekantavaan peltiin. Tällä tavalla tehtynä asiakkaan tiloissa tapahtuva asennus kestäisi useita päiviä. Kuvassa 17. on esitelty periaatekuva perinteisestä rakennusmenetelmästä.



Kuva 15. Erilaisia ruuviliitoksia (British Steel Corporation Tubes Division, RHS-putkipalkkikäsikirja 1987, 29)



Kuva 16. Erilaisia ruuviliitoksella tehtyjä orsiliitoksia (British Steel Corporation Tubes Division, RHS-putkipalkkikäsikirja 1987, 31)

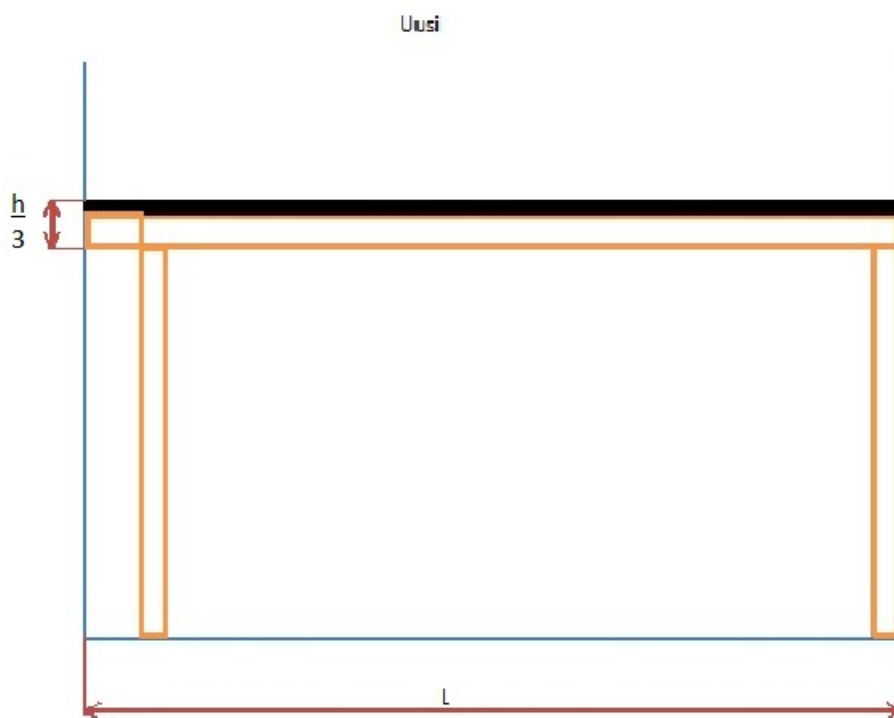


Kuva 17. Periaatekuva perinteisestä rakennustavasta

4.2 Uusi menetelmä

Uudessa rakennemallissa runkopalkit liitetään toisiinsa hitsaamalla. Erillistä välipohjaa ei ole, vaan runko itsessään toimii välipohjana. Lattiamateriaalina käytetään filmivaneria, joka kiinnitetään suoraan runkoon. Uutta rakennemallia kehitetään siten, että teräsrunko voidaan valmistaa elementeiksi.

Elementit nopeuttavat asennusta, jolloin asiakkaan tiloissa tehtävä asennus nopeutuu ja tulee näin ollen halvemmaksi. Uudella tavalla tehty teräsrungon asennus tapahtuu huomattavasti nopeammin kuin perinteisellä tavalla tehty teräsrunko. Kuvassa 18. on esitelty periaatekuva uudesta menetelmästä.



Kuva 18. Periaatekuva uudesta rakennustavasta.

4.3 Lopullinen valinta

Perinteistä ja uutta rakennustapaa on vertailtu taulukossa 6.

+ = rakenteesta löytyy vertailtava asia tai tämä on parempi ominaisuus kuin vertailtavassa menetelmässä.

- = rakenteesta ei löydy vertailtavaa asiaa tai tämä on huonompi ominaisuus, kuin vertailtavassa menetelmässä.

Vertailussa olivat vanha- ja uusi toteutusmalli. Vanhassa toteutusmallissa teräsrunko valmistetaan tuotantotiloissa yksittäisistä osista ja rungon varsinainen kasausrakennus suoritetaan asiakkaan tiloissa. Yksittäiset osat liitetään toisiinsa ruuviliitoksilla.

Tällöin vältetään tulitöitä asiakkaan kiinteistössä. Ruuviliitokset ovat yleensä kalliita, aikaa vieviä ja suurta valmistustarkkuutta vaativia liitoksia. Uudessa toteutusmallissa teräsrunko valmistetaan elementteinä, jolloin valmistus on nopeampaa ja tehokkaampaa. Elementit valmistetaan tuotantotiloissa ja kuljettetaan kokonaisina asiakkaalle. Asennuspaikalla elementit liitetään toisiinsa nopeasti ja helposti.

	Perinteinen menetelmä		Uusi menetelmä	
	+	-	+	-
Ruuviliitos	X			X
Hitsausliitos		X	X	
Aika joka käytetään rungon valmistamiseen		X	X	
Aika joka käytetään rungon asentamiseen		X	X	
Tarvitsee erillisen välipohjan	X			X
Kannatintolpat saadaan seinänviereen	X			X
Säästää tilaa korkeus suunnassa		X	X	
Kokonaiskustanne arvio		X	X	

Taulukko 6. Menetelmien vertailutaulukko

Asiakas hyväksyi annetun tarjouksen ja lopullisena valintana asiakas valitsi uuden menetelmän.

5 VALMISTUSMENETELMIEN TEORIA

Tässä luvussa kerrotaan eri valmistusmenetelmistä. Valmistusmenetelmistä on kerrottu laajasti, joten kaikkia esiteltyjä menetelmiä ei ole käytetty tässä työssä. Käytetyistä menetelmistä kerrotaan vasta seuraavassa luvussa.

5.1 Hiekkapuhalluksen teoria

Hiekkapuhalluksen tarkoituksena on poistaa teräksen pinnalta epäpuhtaudet, jotka haittaavat muita valmistus menetelmiä. Hiekkapuhallus on myös hyvä keino karhentaa pintaa, jolloin maali tarttuu paremmin teräksen karheaan pintaan.

Hiekkapuhallus perustuu hiekan sinkoutumiseen. Liike-energian hiekan rakeelle antaa paineilma, kun ne sekoittuvat hiekkapuhalluslaitteessa. Hiekkapuhalluslaitteesta hiekan ja paineilman sekoitus johdetaan teräsvahvisteisella kumiputkella suuttimeen.

Hiekkapuhaltaja ohjaa suutinta yleensä 5-50 cm päässä työstettävästä kappaleesta. Muita vaihtoehtoisia materiaaleja hiekkarakeelle ovat lasi, metalli, sooda, kuivajää sekä kookospähkinän kuorista tehtyä jauhetta. Materiaali valikoituu esimerkiksi puhallettavan materiaalin ja käyttöasteen mukaan. (Wikipedia 2012.)

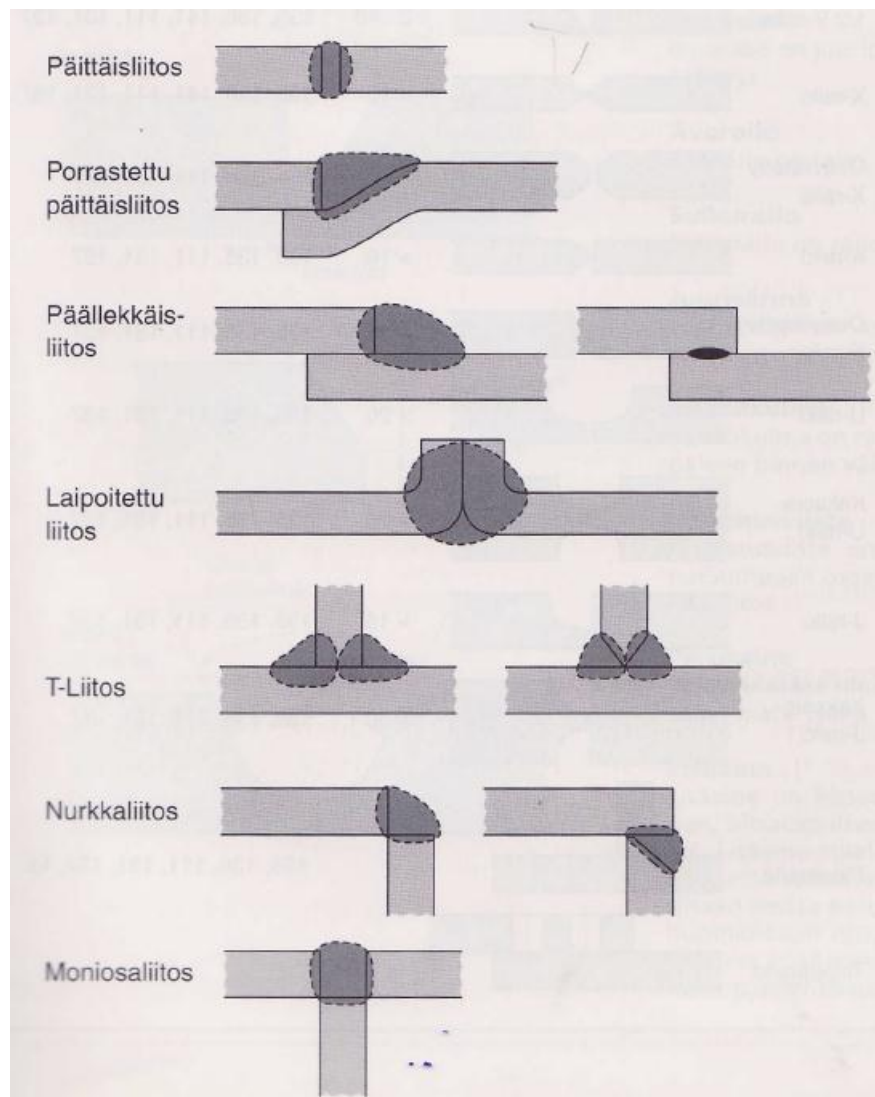
5.2 Sahauksen teoria

Vannesahassa on kaksi pyörää, joiden ympärille vannemainen terä kiristetään. Vannesahassa on myös ohjurit, jotka ohjaavat terän sahauskohtaan. Sahauksen jälkeen sahattu palkki nostettiin isolle kärrylle, missä palkkien hitsaus tapahtuu.

(Wikipedia 2012.)

5.3 Hitsauksen teoria

Hitsauksessa sulatetaan kaksi kappaleetta toisiinsa kiinni lämmön avulla. Apuna voidaan käyttää lisäainelankaa. Lisäainelangalla on lähes sama sulamislämpötila kuin hitsattavalla materiaalilla. Hitsaus muodostaa liitoskohdan, joka on kiinteä ja jatkuva. Yleisesti lämmönlähteenä hitsauksessa käytetään sähkövirtaa, kitka lämpö, liekkiä, lasersädettä tai elektronisuihkua. Kuvassa 19. on esitelty erilaisia hitsausliitoksia.



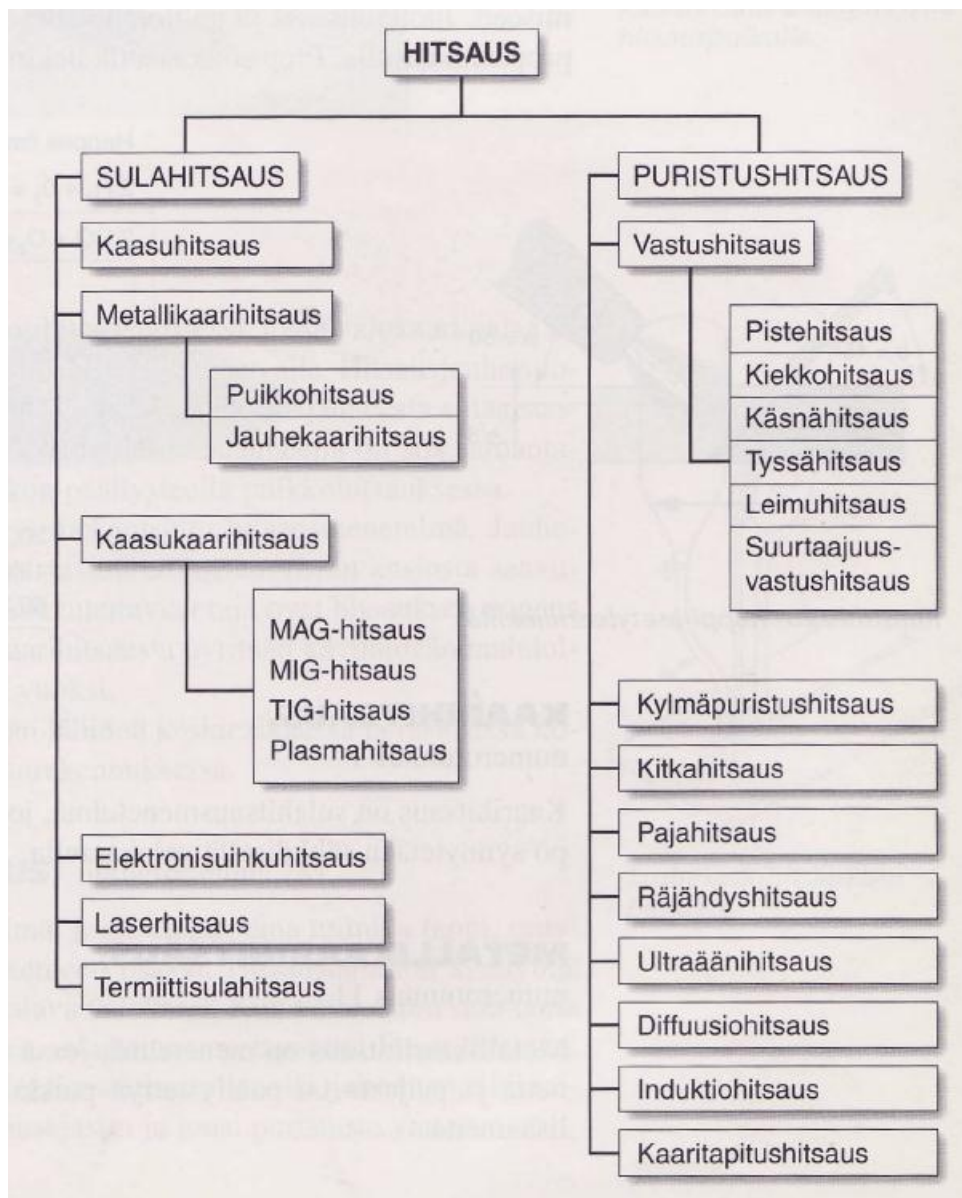
Kuva 19. Kuvassa on esitetty erilaisia hitsaus liitoksia (Lepola & Makkonen 2004, 27).

Tärkein ero hitsaamisen ja juottamisen välillä on se, että juotettaessa vain juotos- eli liitosaine sulaa, mutta liitettävät kappaleet eivät. Sulaa liitoskohtaa pitää suojata hapelta, koska muuten liitokseen syntyy happirakkuloita. Happirakkulat heikentävät hitsin lujuutta merkittävästi. Yleensä hapen pääsy hitsisulaan estetään suojakaasulla tai kuona-aineella. Nämä hapen estotavat eivät reagoi hitsisulan kanssa. Hitsattava materiaali ja hitsausmenetelmä vaikuttavat suojaustavan valintaan. Kuvassa 20. on kerrottu muutamia hitsaus- ja juottoprosesseja, sekä näitä kuvaava tunnusnumero.

Numero- tunnus	Hitsaus- tai juottoprosessi (standardissa SFS-EN 24063 täydellinen luettelo)	Numero- tunnus	Hitsaus- tai juottoprosessi (standardissa SFS-EN 24063 täydellinen luettelo)
1.	Kaarihitsaus	3.	Kaasuhitsaus
11	Metallikaarihitsaus	311	Happi-asetyleenihitsaus
111	Puikkohitsaus	312	Happi-propaanihitsaus
12	Jauhekaarihitsaus	313	Happi-vetyhitsaus
121	Jauhekaarilankahitsaus	4.	Puristushitsaus
122	Jauhekaarinauhahitsaus	41	Ultraäänihitsaus
13	Kaasukaarihitsaus	42	Kitkahitsaus
131	MIG-hitsaus	43	Pajahitsaus
135	MAG-hitsaus	75	Valosädehitsaus
136	MAG-täytelankahitsaus	751	Laserhitsaus
137	MIG-täytelankahitsaus	9	Juotto
141	TIG-hitsaus	91	Kovajuotto
15	Plasmahitsaus	912	Liekkikovajuotto
2.	Vastushitsaus	94	Pehmeäjuotto
21	Pistehitsaus	942	Liekkipehmeäjuotto
22	Kiekkohitsaus	943	Uunipehmeäjuotto
23	Käsnähitsaus	952	Kolvijuotto
24	Leimuhitsaus	971	Kaasurailoitu
25	Tyssähitsaus		

Kuva 20. Hitsaus- ja juottoprosessien numero tunnuksia (Lepola & Makkonen 2004, 35).

Hitsausmenetelmät jaetaan kahteen pääryhmään, sulahitsaus ja puristushitsaus. Alla olevassa kaavio 2. on esitelty jaottelu sula- ja puristushitsauksiin.



kaavio 2. Eri hitsausmenetelmiä jaoteltuna sula- ja puristushitsauksiin (Lepola & Makko-
nen 2004, 13).

Täydellistä hitsiä ei ole olemassa, joten hitsausvirheet ovat toleroitu ja jaettu kolmeen eri vaatimusluokkaan.

Teräksen hitsausluokkien raja-arvot ovat määritetty SFS-EN-25817 standardissa.

B-luokka=Vaativa

C-luokka=Hyvä

D-luokka=Tyydyttävä

Yleisenä nyrkkisääntönä voidaan pitää seuraavaa jaottelua, B-luokan pystyy saavuttamaan vain ammattitaitoinen hitsaaja, C-luokan pystyy saavuttamaan jopa kokenut harrastelija ja D-luokan pystyy saavuttamaan henkilöt, jotka eivät ole koskaan aiemmin hitsanneet. Yleisin käytetty hitsausluokka konepajoissa on C-luokka.

Hitsaaja pystyy osoittamaan pätevyytensä hitsauskokeessa. Kuvassa 21. on kopioitu hitsaajan pätevyystodistus ja kuvassa 22. on kopioituna hitsauskokeesta tehty tarkastuspöytäkirja. Hitsauskokeen tarkastaa ja valvoo tehtävään pätevöitynyt henkilö. Hitsausvirheiden toleransseista on kerrottu kuvissa 23. 24. ja 25. (Lepola & Makkonen 2004, 11–63.)

Hitsausta on käytetty uusien tuotteiden valmistamisessa sekä erilaisten vaurioiden korjaamisessa. Hitsauksella voidaan myös päällystää kappaleita paksuilla ainekerroksilla kulumista vastaan. Yleisesti tyypillisiä korjaushitsaussovelluksia ovat erilaisien repeämien ja halkeamien hitsaaminen sekä valuvikojen korjaaminen.

Kun uusia tuotteita valmistetaan, niin yleisiä sovelluskohteita ovat erilaisten levyjen putkien palkkien liitokset ja valmistus. Hitsaus synnyttääkin hitsin läheisyydessä muutoksia kappaleen materiaalin ainerakenteessa, esimerkiksi erilaisia jännitystiloja ja muodonmuutoksia.

Yleisesti ottaen voidaan hitsata erilaisia metalliseoksia, kuten alumiinia, terästä sekä termoplastisia muoveja. Materiaalien hitsattavuus vaihtelee eri syistä. Jotkut materiaalit hapettuvat hyvin helposti, esim. titaani. Ja näin ollen vaativat erityisen hyvän suojan ilman sisältämältä hapelta. Toisiin materiaaleihin kuten valurautaan saattaa syntyä vaikeasti hallittavia sisäisiä muutoksia. Materiaalin voimakas lämpölaajeneminen vaikeuttaa hitsausta useammilla menetelmillä. (Wikipedia 2012.)



KESKI-UUDENMAAN AMK-KOULUTUSKESKUS

HITSAAJAN PÄTEVYYSTODISTUS
WELDER APPROVAL TEST CERTIFICATE
Nro/ No. 1209/2006-2
EN 287-1

12.9.2006

Kokeen merkintä/ Designation: **EN 287-1, 135, P, FW, 1.1, S, t4, PD, ss, nb, sl**

Testauslaitos/kupe: _____

Nimi/ Name: **LEHMUSKANTA JONI MIKAEL**

Tunnus/ ID: **LEHMUSKANTA**

Tunnistamistapa/ Method of identification: **Henkilötodistus/ ID**

Syntymäaika/ Date and place of birth: **4.4.1989 Hämeenlinna**

Työnantaja/ Employer: **ADULTA OY**

Tietämyskoe/ Job knowledge: **Ei testattu/ Not tested**

Hitsauskoe/ WPS no: _____

Lisätietoja/ Additional information: _____

Valokuva/ Photograph

Kokeen yks. kohdat/ Test d	Pätevyysalue/ Range of approval
Hitsausprosessi/ Welding process	135
Levy tai putki/ Plate or pipe	P
Liitosmuoto/ Joint type	FW
Perusaineryhmä/ Parent metal group(s)	1.1
Lisäaineryhmä/ Filler metal	S OK AUTROD 12.51
Suojakaasu/ Shielding gases	Ar + 25% CO2
Apuaineet/ Auxiliaries	
Aineenpaksuus/ Thickness (mm)	4,00
Putken ulk. halk./ Outside diameter (mm)	-
Hitsausasento/ Welding position	PD
Juurin sivutus/uuritus/ Gouging/backing	ss, nb
Yksi-/monikerros/ Single/multi layer	sl
Vasenta-/oikeasuuntaus/ Rightward/leftward welding	-

TARKASTUS/ TEST

Päikka ja aika/Place and Date: **Järvenpää 12.9.2006**

Tarkastuslaitos/ Testing Company: **ADULTA OY**

KOKEEN VALVONTA/ EXAMINATION

Päikka ja aika/Place and Date: **12.9.2006**

Valvoja/ Examiner: **BSc. IWS OLLI-PEKKA LAAJOKI FI000805**

Testausmenetelmä/ Type of test	Suoritettu/ Performed	Vaad./Req.
Silmänselätys/ Visual	12.9.2006 OK B OPL	X
Radioisotopi/ Radioisotopy	-	-
Maag. lauter/ Magnetic particle	-	-
Tuokeutumanalyysi/ Penetration	-	-
Mikroskoopia/ Micro	-	-
Murtokokeet/ Fracture	12.9.2006 OK B OPL	X
Taivutuskokeet/ Bend	-	-
Lisäkokeet/ Additional tests	-	-

HYVÄKSYNTÄ/ APPROVAL

Päikka ja aika/Place and Date: **Järvenpää 12.9.2006**

Hyväksyjä/ Approved by: **BSc. IWS OLLI-PEKKA LAAJOKI FI0**

Allekirjoitus/ Signature: _____

Voimassa saakka/ Validity of approval until: **11.9.2008**



Huom./ Notes: _____


Pvm/ Date	Allekirjoitus/ Signature	Asema/ Position	Peruste/ Reference	Selite/ Comments

Postiosoite: ADULTA, KESKI-UUDENMAAN AMK
PL 2
04441 JÄRVENPÄÄ

Käyntiosoite: +
Wälsälänkatu 61

Puhelin: (09) 271 901
Telefax: (09) 2719 0311
http://www.kuak.fi

Kuva 21. Hitsaajanpätevyystodistus



KESKO-UUDENMAAN AKUSTUKULUTUSKESKUS

TARKASTUSPÖYTÄKIRJA
INSPECTION REPORT

Nro/ No. 1209/2006-2

EN 287-1

12.9.2006

Kokeen materiaali/ Designation

Testauslaitos/ Lab

Nimi/ Name

Tunnus/ ID

Tunnistamistapa/ Method of identification

Syntymäaika/ Date and place of birth

Työnantaja/ Employer

Tietopuolinen koe/ Job knowledge

Hitsauskoe nro/ WPS no.

Lisätietoja/ Additional information

EN 287-1, 135, P, FW, 1.1, S, t4, PD, ss, nb, sl

LEHMUSKANTA JONI MIKAEL

LEHMUSKANT

Henkilötodistus/ ID

4.4.1989 Hämeenlinna

ADULTA OY

Ei testattu/ Not tested

HITSAUSKOEEN YKSITYISKOHDAT/ DETAILS OF TEST WELD

Hitsausprosessi/ Welding process	135
Levy tai putki/ Plate or pipe	P
Liitosmuoto/ Joint type	FW
Perusaineryhmä/ Parent metal group(s)	1.1
Lisäainetyyppi/materiaali/ Filler metal	OK AUTROD 12.51 S
Suojakaasu/ Shielding gases	Ar + 25% CO2
Apuaineet/ Auxiliaries	
Aineenpaksuus/ Thickness (mm)	4,00
Putken ulk. halk./ Outside diameter (mm)	0,00
Hitsausasento/ Welding position	PD
Juurien suojelu/ Gouging/backing	ss, nb


HITSAUSKOEEN TARKASTUS/ INSPECTION TEST WELD

Testausmenetelmä/ Type of test	Suoritettu/ Performed	Vaad./ Req.
Silmämääräinen/ Visual	12.9.2006 OK B OPL	X
Röntgen/ Radiography		-
Magneettisuhti/ Magn part		-
Turkumajasta/ Penetrant		-
Makroholi/ Macro		-
Murtokoe/ Fracture	12.9.2006 OK B OPL	X
Taivutuskoee/ Bend		-
Lisäkoee/ Additional tests***		-

HITSAUSKOEEN VALVONTA/ SUPERVISION

Päikka ja aika/ Place and date: **12.9.2006**

Kokeen valvoja/ Examiner: **BSc. IWS OLLI-PEKKA LAAJOKI**
F000505


Allekirjoitus/ Signature: 

HITSAUSKOEEN TARKASTUS/ INSPECTION

Päikka ja aika/ Place and date: **Järvenpää 12.9.2006**

Tarkastuslaitos/ Testing company: **ADULTA OY**

Testauksen suorittaja/ Test body: **BSc. IWS OLLI-PEKKA LAAJOKI**
F000505


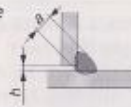

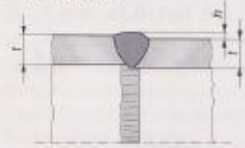
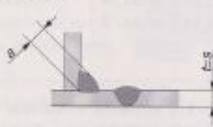


Allekirjoitus/ Signature: 

Postiosoite:
ADULTA, KESKO-UUDENMAAN AKK
PL 2
06441 JÄRVENPÄÄ


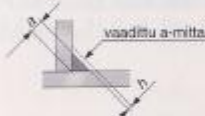
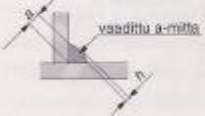



Käyntiosoite:
Wirtalankatu 61

Puhelin: (06) 271 001
Telefax: (09) 2710 0311
http://www.kuikka.fi








Kuva 22. Tarkastuspöytäkirja

Virhetyyppi	ISO 6520 N:o	Teräs SFS EN 25817
<p><i>Reunahaava</i> Juoheva liittyminen vaaditaan.</p> 	5011 5012	D sall. $h \leq 1,5$ C sall. $h \leq 1,0$ B sall. $h \leq 0,5$
<p><i>Sovitusvirhe</i></p> 		D sall. $h \leq 1+0,3a$, max 4 C sall. $h \leq 0,5+0,2a$, max 3 B sall. $h \leq 0,5+0,1a$, max 2
<p><i>Sovitusvirheet</i> – levyt ja suorat hitsit</p>  <p>– Kehähitsit</p> 	507	D sall. $h \leq 0,25t$, max 5 C sall. $h \leq 0,15t$, max 4 B sall. $h \leq 0,1t$, max 3 $h \leq 0,5t$ D sall. max 4 C sall. max 3 B sall. max 2
<p><i>Liitosvirhe</i></p> 	401	D sall. paikallisesti, ei pintaan ulottuvina. C ei sallita B ei sallita
<p><i>Pintapalon valuma</i></p> 	506	D lyhyet virheet sallitaan. C ei sallita B ei sallita
<p><i>Sytytysjälki</i></p> 	601	Hyväksyminen riippuu perusaineesta, erityisesti karkenevuusherkkyydestä.

Kuva 23. Hitsausvirheiden toleransseja (Lepola & Makkonen 2004, 74).

Virhetyyppi	ISO 6520 N:o	Teräs SFS EN 25817
<p>Kateetti poikkeama Oletetaan, että pienahitsiä ei ole suunniteltu epäsymmetriseksi.</p> 	512	<p>D sall. $h \leq 2+0,2a$ C sall. $h \leq 2+0,15a$ B sall. $h \leq 1,5+0,15a$</p>
<p>Vajaa a-mitta Pienahitsiä, jonka a-mitta on nimellistä a-mittaa pienempi, ei tulisi käsitellä virheenä, jos todellinen a-mitta tunkeuma huomioiden vastaa nimellistä a-mittaa.</p> 		<p>Pitkiä virheitä ei sallita. Lyhyet virheet: D sall. $h \leq 0,3+0,1a$, max.2 C sall. $h \leq 0,3+0,1a$, max.1 B ei sallita</p>
<p>Ylisiuri a-mitta</p> 		<p>D sall. $h \leq 1+0,3a$, max.5 C sall. $h \leq 1+0,2a$, max.4 B sall. $h \leq 1+0,15a$, max.3</p>
<p>Korkea juurikupu</p> 	504	<p>D sall. $h \leq 1+1,2b$, max.5 C sall. $h \leq 1+0,6b$, max.4 B sall. $h \leq 1+0,3b$, max.3</p>
<p>Vajaa kupu Juoheva liittyminen vaaditaan.</p> 	511	<p>Pitkiä virheitä ei sallita. D sall. $h \leq 0,2t$, max.2 C sall. $h \leq 0,1t$, max.1 B sall. $h \leq 0,05t$, max.0,5</p>
<p>Vajaa juuri Juoheva liittyminen vaaditaan.</p> 	515	<p>D sall. $h \leq 1,5$ C sall. $h \leq 1$ B sall. $h \leq 0,5$</p>

Kuva 24. Hitsausvirheiden toleransseja (Lepola & Makkonen 2004, 73).

Virhetyyppi	ISO 6520 N:o	Teräs SFS EN 25817
<p><i>Halkeamat</i> – kuumahalkeama</p>  <p>– kylmähalkeama (vetyhalkeama)</p> 	100	Ei sallita
<p><i>Kraateri- halkeama</i></p> 	104	D sallitaan C ei sallita B ei sallita
<p><i>Huukonen</i> Yksittäisen huukosen suurin sallittu koko.</p> 	2011	D sall. $d \leq 0,5s$ tai a , max. 5 C sall. $d \leq 0,4s$ tai a , max. 4 B sall. $d \leq 0,3s$ tai a , max. 3
<p><i>Huukosryhmä</i> Huukosryhmässä lasketaan yhteen huukosten pinta-alat. Kokonaispinta-alan prosentti- osuus lasketaan hitsin leveys halkaisijana piirretyn ympyrän pinta-alasta. Huukoksen alueen tulee olla paikallinen.</p> 	2013	D sall. 16 % C sall. 8 % B sall. 4 %
<p><i>Korkea kupu</i> Juoheva liittyminen vaaditaan.</p> 	502	D sall. $h \leq 1+0,25b$, max. 10 C sall. $h \leq 1+0,15b$, max. 7 B sall. $h \leq 1+0,1b$, max. 5
<p><i>Korkea kupu</i></p> 	503	D sall. $h \leq 1+0,25b$, max. 5 C sall. $h \leq 1+0,15b$, max. 4 B sall. $h \leq 1+0,1b$, max. 3

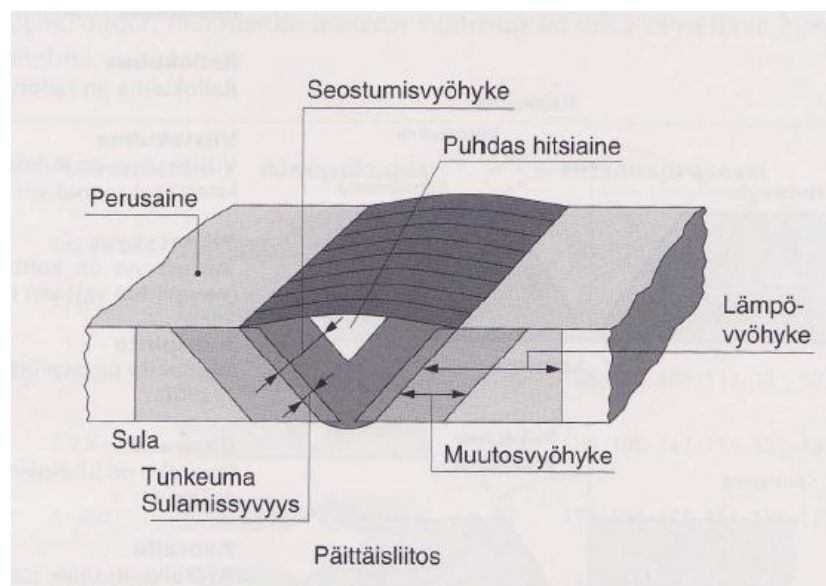
Kuva 25. Hitsausvirheiden toleransseja (Lepola & Makkonen 2004, 72).

5.3.1 Sulahitsaus

Sulahitsaus on hitsausmenetelmä, jossa hitsattavien liitoskohtien pinnat sulatetaan sulaan lämpötilaan, jossa pinnat sulavat yhteen ilman puristusta. Sulahitsaus voidaan tehdä joko ilman lisäainetta tai sitten lisäainetta apuna käyttäen. Sulahitsauksen menetelmiä ovat esimerkiksi: kaasuhitsaus, metallikaarihitsaus, elektronisuihkuhitsaus ja laserhitsaus. Kuvassa 26. on esitetty perus hitsaussauma.

Kaasuhiitsauksessa työstettävä työkappale kuumennetaan kaasuliekillä. Yleisin kaasu jota käytetään kaasuhiitsauksessa, on asetyleeni joka puhtaana hapen kanssa muodostavat palaessaan yli 3000 °C liekin. Kyseistä hitsausmuotoa ei nykyään enää käytetä paljoakaan koska se on hidas menetelmä, mutta erilaisiin korjauksiin ja juottamiseen se soveltuu hyvin.

Metallikaarihitsauksessa kuumennetaan työkappale valokaaren avulla joka saadaan aikaiseksi sähkövirralla. Metallikaarihitsausmenetelmällä voidaan hitsata lähes kaikkia sähköä johtavia materiaaleja. Metallikaarihitsausmenetelminä käytetään puikkohitsausta sekä jauhekaarihitsausta. Metallikaarihitsausprosesseista vanhin ja tunnetuin on puikkohitsaus.



Kuva 26. Perus hitsaussauma (Lepola & Makkonen 2004, 30).

Nykyään puikkohitsaus on kallista verrattaessa vaikka MIG/MAG hitsaukseen. Tämän takia puikkohitsauksen käyttö teollisuudessa on laskenut huomattavasti. Puikkohitsauksessa valokaari palaa puikon ja hitsattavan kappaleen välissä. Hitsattaessa lisäainepuikon sydän ja perusaine sulavat valokaaren vaikutuksesta ja näin lisäaine siirtyy puikon pinnoitteesta syntyneen kuonan ympäröiminä pisaroina hitsisulaan. Kuvassa 27. on esitetty sulahitsausta.

Kun perusaine ja lisäaine sekoittuvat hitsisulassa, jää syntynyt kuona hitsin pintaan. Jähmettynyt kuona irrotetaan hiomalla tai hakkaamalla pinnasta irti ja näin paljastuu valmis hitsisauma. Puikkohitsauksen etuja ovat monipuolisuus ja toimivuus hankalissa olosuhteissa. Se kestää jopa mainiosti tuulta ja vettä. Puikkohitsauksessa käytetään joko vaihto- ja tasavirtaa. (Wikipedia, 2012.)

5.3.2 Jauhekaarihitsaus

Jauhekaarihitsauksessa valokaari palaa hitsausjauheen alla hitsattavan kappaleen ja lisäainelangan välillä. Hitsausjauhe suojaa hitsisulaa ilman vaikutukselta ja näin ollen estää kipinöiden lentämisen ympäristöön. Hitsausjauhe sulaa hitsattaessa kuonakerrokseksi hitsin pinnalle, joka loppujen lopuksi jähmettyy kiinteäksi hitsin päälle.

Jauhekaarihitsaus on tehokas prosessi ja sitä käytetäänkin paljon keskiras-
kaassa, raskaassa konepajateollisuudessa sekä telakoilla.
(Wikipedia 2012.)

5.3.3 Kaasukaarihitsaus

Kaasukaarihitsausmenetelmiä ovat MAG, MIG, TIG ja plasmahitsausta. MIG/MAG -hitsauksessa sähkövirran avulla aikaansaatava valokaari palaa lisäainelangan ja hitsattavan kappaleen välissä hitsauskaasun suojaamana. Hitsaustilanteessa valokaari sulattaa perusaineen ja lisäaineen, jotka jähmettyessään muodostavat kiinteän kokonaisuuden.

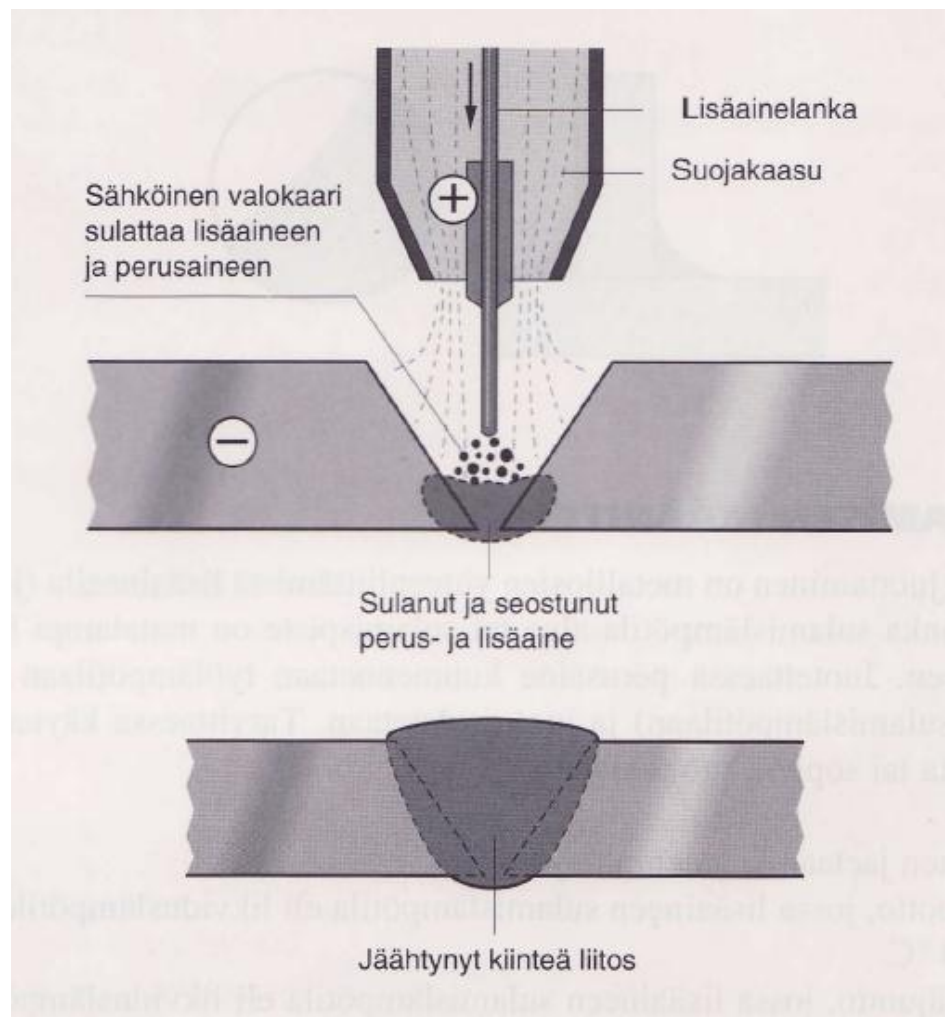
Lisäainelanka on ohutta (0,6-1,6 mm) metallilankaa, jonka koostumus on lähes sama kuin perusaineella. Lisäaine poikkeuksetta syötetään koneellisesti. MIG ja MAG hitsauksen erottavat toisistaan siten että kun käytetään MIG hitsausta, niin suojakaasu on inerttiä eli suojakaasu ei reagoi hitsisulan kanssa. MAG hitsauksessa suojakaasu taas reagoi sulan kanssa. MIG/MAG hitsauksen hyviä puolia ovat nopeus ja hitsin puhtaus. Hitsin päälle ei myös muodostu kuonakerrosta. Ydintäytelankaa käytettäessä kuonaa kuitenkin syntyy.

TIG hitsaus on kaasukaarihitsausprosessi, jossa valokaari palaa sulamattoman volframielektrodin ja työkappaleen välissä inertin suojakaasun ympäröimänä. Suojakaasuna useimmiten käytetään argonia, mutta myös heliumin ja argonin seoksia käytetään. TIG hitsausta voidaan tehdä ilman lisäainetta tai lisäainetta syöttäen. Lisäaineena käytetään 1,5–3,5 mm paksua metrin pituista lankaa. Lisäaine syötetään joko käsin tai koneellisesti.

TIG hitsauksessa käytetään tasavirtaa ja vaihtovirtaa. Yleensä vaihtovirtaa käytetään vain alumiinihitsauksissa. Tasavirtaa käytetään yleensä terästen ja ruostumattomien terästen hitsauksessa.

TIG hitsausta yleisesti käytetään vaativien putkistojen hitsauksiin, ruostumattomien putkien ja putkipalkkien hitsaukseen ja valmistukseen sekä ohuiden aineiden hitsaukseen.

TIG hitsausprosessin etuja ovat hyvä sula ja tunkeuman hallinta, sekä tarkasti säädettävä lämmöntuonti ja hitsin puhtaus. Huonoja puolia ovat hitsaamisen hitaus, pieni hitsiaineen tuotto sekä suurehko lämmöntuonti.
(Wikipedia 2012.)



Kuva 27. Sulahitsauksen prosessi on esitetty MIG/MAG menetelmällä. (Lepola & Makko-
nen 2004, 12).

5.3.4 Puristushitsaus

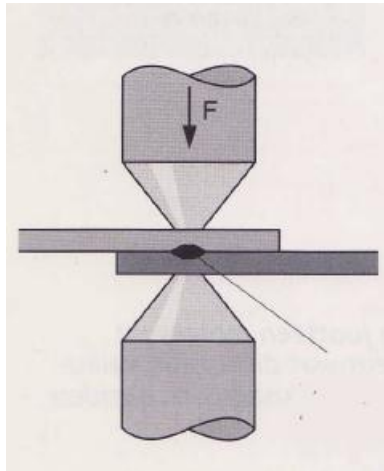
Puristushitsaus on hitsausmenetelmä, jossa ei käytetä ollenkaan lisäainetta yhteenliittämiseen. Kyseisessä menetelmässä kuumennetaan liitoskohtien pinnat tahdasmaiseen lämpötilaan ja puristetaan niitä määrättyllä voimalla yhteen, jolloin saadaan syntymään kiinteä liitos.

Puristushitsauksen malleja on seuraavanlaisia: vastushitsaus, ahjohitsaus, kitkahitsaus ja räjähdyshitsaus. Näistä yleisemmin käytössä on vastushitsauksen yksi hitsausmuoto eli pistehitsaus. Kuvassa 28. on esitetty puristushitsausta. (Lepola & Makkonen 2004, 12.)

5.3.5 Pistehitsaus

Pistehitsauksessa liitettävät kappaleet puristetaan toisiaan vasten sähköä johtavilla elektrodeilla. Elektrodeille syötetään puristuksen aikana virtapulssi, joka sulattaa yhteen liitettävien kappaleiden rajapinnan. Sähkövastus on suurin rajapinnalla, jolloin siinä syntyy riittävästi lämpöä kappaleiden sulamiseen.

Kun virransyöttö lakkaa, alkaa sulan linssin jäähtyminen ja jähmettyminen hitsiksi. Pistehitsaus on yleisin käytetty ohutlevyjen liittämistapa teollisuudessa. Nykyään on paljon myös yleistynyt laserhitsaus ohutlevyjen hitsauksessa. (Wikipedia 2012.)



Kuva 28. Kuvassa puristus hitsausta pistehitsaus menetelmällä (Lepola & Makkonen 2004, 12).

5.4 Porauksen teoria

Poraus tehdään yleensä kierukkaporalla, joka pyöriessään työnnetään tasaisesti työstettävään kappaleeseen. Tämä lastuava menetelmä tekee pyöreän lie-riömäisen reiän työstettävään materiaaliin. Porakonetyppejä on malliltaan ja käyttötarkoitukseltaan useita.

Yleisempiä porakone tyyppisiä ovat: Pylväs-, pöytä- eli penkki-, säteis-, käsi-, sarja- eli rivi-, monikara-, revolveri-, putki-, koordinaatti- eli ohjain- ja NC-porakoneet. Porakoneita voidaan käyttää myös kierteiden tekemiseen ja reiki-en väljentämiseen. Porakoneella tehtävät kiertet tehdään useimmin kierre ta-pilla. Väljentämisen työkaluna voidaan käyttää kalvinta. (Maaranen 2008, 43–63.)

5.5 Hionta

Hionta menetelmä on lastuava työstömenetelmä. Hionnassa lastuamissyvyys on pieni ja lastuamisnopeus on suuri. Hiomalaikka koostuu hioma-aineesta, sideaineesta ja huokosista. Sideaineen tehtävä on pitää siihen upotetut raemai-set hioma-aineet paikallaan. Rakeitten väliin jää huokosia.

Huokosten tehtävä on kuljettaa irronnutta materiaalia pois laikasta ja työstet-tävästä kohdasta. Hioma-aineen tehtävä on poistaa hiottavaa materiaalia. Hiomisessa syntyy aina pölyä, joten samassa tilassa olevien henkilöiden kan-nattaa käyttää hiojan lisäksi hengityssuojainta.

Hiomista varten on valmistettu useita erityyppisiä hiomakoneita. Yleisempiä hiomakoneita teollisuudessa ovat penkki-, nauha-, käsi-, taso-, pyörö-, sisä-, pyörtö-, työkalu-, kopio-, hammaspyörä-, kierre- ja NC -hiomakoneet.

Käsihiomakoneet voidaan jaotella seuraavasti: suorat, kara-, kulma- ja taso-hiomakoneet.

Käsihiomakoneet toimivat joko sähköllä tai paineilmalla. Yleisesti sähköllä toimivat käsihiomakoneet ovat tehokkaampia. Paineilmalla toimivat käsi-hiomakoneita käytetään yleensä tiloissa, joissa ei saa suorittaa kipinätyöstöä. Kuvassa 29. on kuvattu erilaisia hiomalaikkatyyppisiä ja joitain niiden käyttö-kohteita.

Hiomalaikkojen karkeus eli suuruuden ilmaisijoina käytetään numeroita. As-teikko toimii siten, että pieni numero esimerkiksi 10 on todella karkea laikka ja iso numero esimerkiksi 500 on todella hieno laikka. Hiottavasta kohdasta tulee sileämpi, mitä hienompi laikka on. (Maaranen 2008, 70–74.)

Laikkatyyppi		Esimerkkejä käyttökohteista	
	Suora laikka	Penkkihiomakoneet Suorat käsihiomakoneet	Työkaluhiomakoneet Tasohiomakoneet
	Syvennetty suora laikka	Penkkihiomakoneet Työkaluhiomakoneet	
	Suora kuppilaikka	Penkkihiomakoneet Työkaluhiomakoneet	Tasohiomakoneet
	Kartiomainen kuppilaikka	Työkaluhiomakoneet Tasohiomakoneet	Kulmahiomakoneet
	Lautaslaikka	Työkaluhiomakoneet	
	Katkaisu-laikka	Kulmahiomakoneet	
	Napalaikka	Kulmahiomakoneet	
	Karalaikka	Karahiomakoneet	
	Nauha-hiomapää	Karahiomakoneet	

Kuva 29. Erilaisia laikkatyyppejä (Maaranen 2008, 73)

6 ELEMENTTIEN VALMISTAMISEN KUVAUS

Elementtien valmistamiseen tarvittavat teräkset hiekkapuhallettiin, minkä jälkeen puhalletut teräkset katkaistiin halutun mittaisiksi. Katkaistut profiilit yhdistettiin hitsaamalla. Hitsauksen jälkeen elementinrungot viimeisteltiin ja lopuksi elementtien maalaus.

Elementtien valmistukseen tarvittiin hiekkapuhalluslaitteita, pylväsporakonetta, vannesahaa, MIG/MAG -hitsauskonetta, kulmahiomakonetta, kolmea erikokoista trukkia ja märkämaalauslaitetta.

Rappusten valmistaminen aloitettiin katkaisemalla runkoteräkset. Tämän jälkeen niihin piirroitettiin ja porattiin reiät askelmien kiinnitystä varten. Seuraavaksi katkaistiin ja hitsattiin rappuselementinkaitteet. Viimeistelimme nämä kaitteet, jonka jälkeen elementinpuoliskot hiekkapuhallettiin ja maalattiin. Maalauksen jälkeen koottiin elementit asentamalla askelmat paikalleen. Rappuselementtien valmistamiseen tarvittiin magneettiporakonetta, hiekkapuhalluslaitteita, MIG/MAG -hitsauskonetta, kulmahiomakonetta, vannesahaa ja märkämaalauslaitetta.

Kaiteitten valmistamiseen tarvittavat teräkset hiekkapuhallettiin, jonka jälkeen ne katkaistiin. Katkaistut teräkset koottiin hitsaamalla, jonka jälkeen kaitteet viimeisteltiin. Viimeistelyn jälkeen kaitteet maalattiin.

Kaide-elementtien valmistamiseen tarvittiin hiekkapuhalluslaitetta, vannesahaa, MIG/MAG -hitsauskonetta, kulmahiomakonetta, akkuporakonetta ja märkämaalauslaitetta.

6.1 Raaka-aineet

Raaka-aineiden hankintaa varten täytyi laskea tarvittavat raaka-ainemäärät, huomioida materiaalien toimituskoot ja arvioida hukkaan menevät materiaalit. Raaka-aineet tilattiin taulukko 7. mukaisesti. Taulukkoon on kerätty vain ne materiaalit, jotka ovat hinnallisesti merkittäviä tässä työssä käytetyistä materiaaleista.

Taulukko 7. Raaka-ainetaulukko

Raaka-aine luettelo	materiaali	laskennallinen tarve	toimitus pi- tuus	salkojen luku- määrä	tilattava mää- rä
100x100x5 neliöputki	rakenneteräs	61 metriä	6 metriä	11 kpl	66 metriä
100x50x5 neliöputki	rakenneteräs	25 metriä	6 metriä	5 kpl	30 metriä
100x50x3 neliöputki	rakenneteräs	72 metriä	6 metriä	12 kpl	72 metriä
50x50x3 neliöputki	rakenneteräs	16 metriä	6 metriä	3 kpl	18 metriä
30x30x3 neliöputki	rakenneteräs	8 metriä	6 metriä	2 kpl	12 metriä
200x10 lattatanko	rakenneteräs	9 metriä	6 metriä	2kpl	12 metriä
48.3x2,3 pyöreä putki	rakenneteräs	16 metriä	6 metriä	3 kpl	18 metriä
hitsattava mutka 90°	(vesijohtoputki)	4 kpl			4 kpl
sinkitty teräsaskelma	sinkitty rakenne- teräs	14 kpl	1 metri		14 kpl
filmivaneri 2500x1250x14	puu	50 m ²	2500x1250	16 kpl	16kpl (50m ²)
hitsattava sarana 140 mm	teräksinen	4 kpl	10 kpl		1 pakkaus (10 kpl)

6.2 Työtasot

Tilattujen terästen hiekkapuhallusta varten hiekkapuhalluskärryä kuva 30. muokattiin leventämällä kärryn kannatinpalkkeja. Rungon valmistusta helpottamaan valittiin isompi kärry kuva 31. johon kärryn kannatinpalkit hitsattiin kiinni siten, että niiden päällä pystytään kasaamaan elementtien rungot.



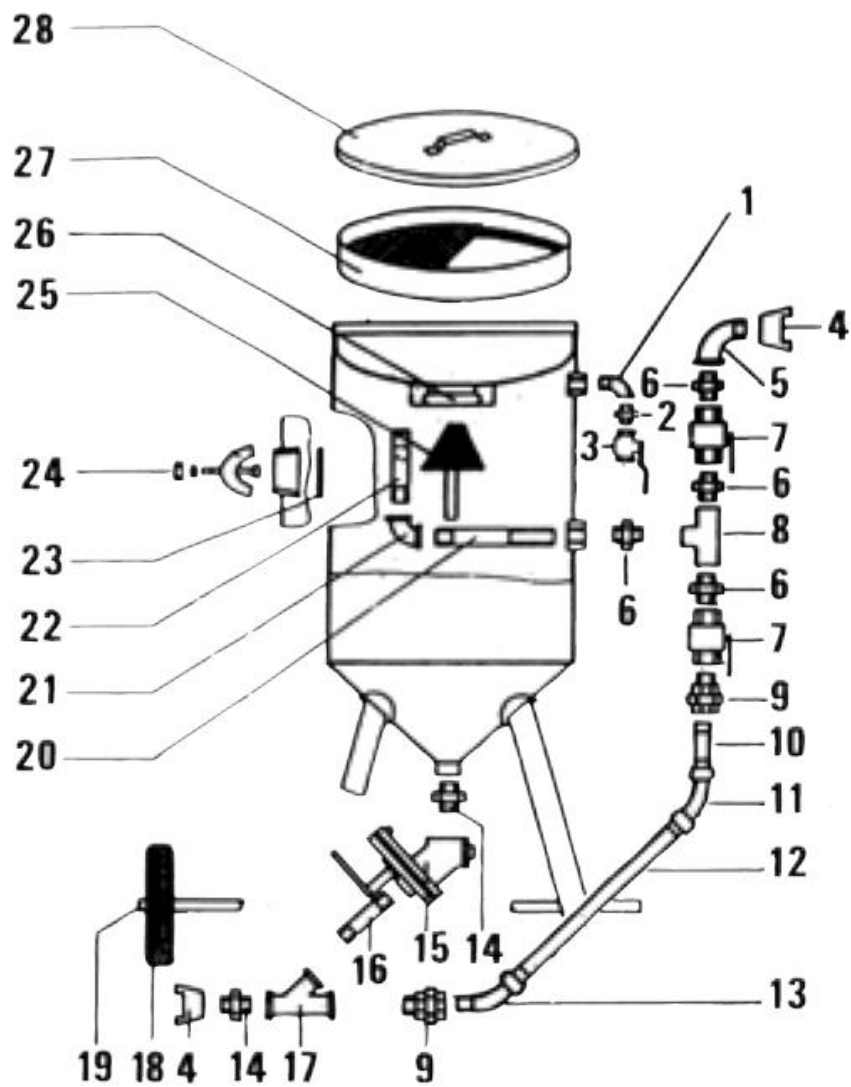
Kuva 30. Pieni kärry



Kuva 31. Iso kärry

6.3 Hiekkapuhallus

Valmistusprosessi aloitettiin hiekkapuhaltamalla elementtien teräspalkit, joista elementit valmistetaan. Suorana teräspalkit olivat hiekkapuhallus prosessissa helpompia ja nopeampia käsitellä. Teräspalkit olivat nostettuina hiekkapuhalluskärryyn, jossa palkit kuljetettiin hiekkapuhallusprosessia varten rakennettuun katokseen. Hiekan raekokona käytettiin 0.6-1.2 mm ja työpaineena käytettiin noin 8 baaria. Hiekkapuhalluksen jälkeen teräspalkit putsattiin hiekanpölystä pelkällä paineilmalla. Tämän jälkeen hiekkapuhalletut palkit työnnettiin hiekkapuhalluskärryllä sahauspisteelle. Kuvassa 32. on esitelty hiekkapuhalluslaitetta.












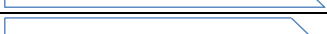





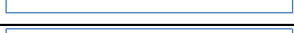
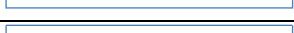
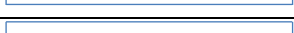
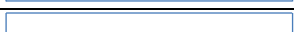
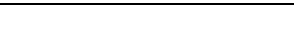

Kuva 32. Kuvassa on esitelty hiekkapuhalluslaitetta. (RTV 2013.)

6.4 Sahaus

Sahauspisteellä suoritettiin teräspalkkien katkaisu taulukon 8. mukaan. Taulukossa 8. ei ole mukana niitä teräksiä, joita tarvitaan rappus- ja kaideelementtien valmistamiseen Sahaus tapahtui vannesahalla, jossa oli teräksen katkaisuun sopiva terä.

Sahauksen työjärjestyksenä käytettiin seuraavaa: 1. Tolpat, 2. Takaseinän elementin putket, 3. Keskiosan elementin putket, 4. Etuosan elementin putket. Seuraavan elementin sahaustyötä ei aloitettu ennen kuin hitsauksessa oleva elementti oli valmiina maalaukseen.

Taulukko 8. Sahattavien raaka-aineiden katkaisu taulukko

Palkin poikkileikkaus	Palkinkoko	Sahaus kulma	Katkaistun palkin kuva	Sahauskulma	Palkin pituus (mm)	Kappale määrä
Nelikulmio	100x100x5	0		0	2850	13
Nelikulmio	100x100x5	0		45	2900	4
Nelikulmio	100x100x5	45		45	4240	1
Nelikulmio	100x100x5	45		45	380	2
Nelikulmio	100x100x5	45		45	540	1
Nelikulmio	100x100x5	0		45	2480	1
Nelikulmio	100x100x5	45		45	360	2
Nelikulmio	100x100x5	45		45	440	1
Nelikulmio	100x100x5	0		45	130	1
Nelikulmio	100x100x5	0		45	380	1
Nelikulmio	100x100x5	0		45	5890	1
Nelikulmio	100x100x5	45		45	4430	1
Nelikulmio	100x50x5	0		0	4430	1
Nelikulmio	100x50x5	0		0	280	3
Nelikulmio	100x50x5	0		0	5300	3
Nelikulmio	100x50x3	0		0	2850	19
Nelikulmio	100x50x3	0		0	2520	1
Latta	200x10	0		0	110	12
Latta	100x10	0		0	240	1
Latta	100x10	0		0	340	1
Kulma	100x100x10	0		0	200	1

6.5 Hitsaus ja hionta

Elementtien hitsaamiseen käytettiin kahta MIG/MAG -hitsauskonetta, joissa toisessa käytettiin Co2 suojakaasua ja toisessa mison 25 suojakaasua. Hitsauslanka oli molemmissa sama teräksen hitsaamiseen sopiva 1 mm peruslanka. Valmistuskuvat ovat koottu liitteeseen 3. Hitsaaminen aloitettiin tolppien alapäihin tulevalla lapulla. Lapuissa oli valmiiksi pylväsporakoneella porattu 14 mm reikä.

Lappujen hitsauksen jälkeen saumat hiottiin tasaisiksi. Tämän jälkeen sahatut runkoteräokset silloitettiin. Silloittamisen jälkeen tarkistettiin mitat ja tarvittaessa muokattiin silloitettua runkokappaletta. Mittojentarkistusten jälkeen hitsattiin kahdella hitsikoneella railot umpeen. Vielä ei hitsattu alapuolisia railoja. Rungon hitsauksen jälkeen silloitettiin 100 mm x 50 mm x 3 mm putkipalkista sahatut välipienat. Tässä käytettiin apuna kahta putken pätkää. Putket olivat sahattu 587,5 mm mittaisiksi, mikä on pienten väli eli etenemä.

Silloittamisen jälkeen alettiin hitsata putkipalkkeja kiinni kahdella hitsikoneella siten, että toinen hitsaaja hitsasi toisella puolen kärkeä ja toinen hitsasi toisella puolen kärkeä. Hitsausjärjestys huomioitiin siten, että hitsaajat eivät hitsanneet samaan aikaan samaa putkipalkkia. Tällä tavalla minimoitiin hitsauksessa syntyvän lämmön vaikutusta. Tällöin kappaleen muodonmuutokset olivat vähäisiä.

Välipienoja ei hitsattu alapuolelta kiinni vielä tässä vaiheessa. Hitsauksen jälkeen hiottiin hitsatut saumat tasaisiksi, jonka jälkeen käännettiin elementtirunko ympäri. Seuraavana hitsattiin alapuolelta hitsaamatta jääneet railot ja hitsauksen jälkeen hitsisaumat hiottiin tasaisiksi. Hiomisissa käytettiin 125 mm napalaikkaa, joka oli kiinnitetty sähköiseen kulmahiomakoneeseen.

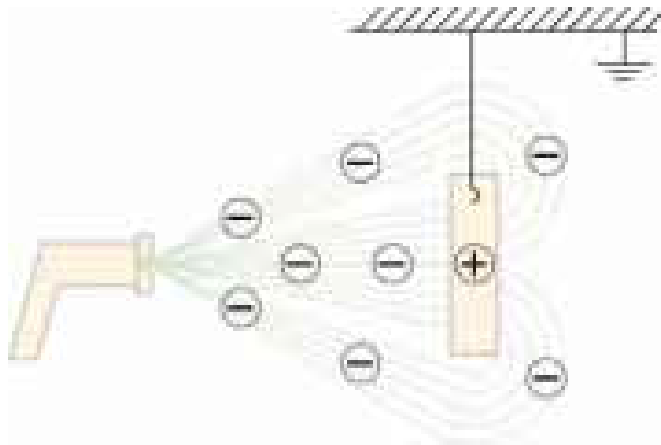
Tämän jälkeen nostettiin trukilla tolpat rungon päälle ja ne silloitettiin. Tarkistettiin tolppien kohtisuoruus elementtirunkoon ja tarvittaessa korjattiin vinous. Seuraavaksi hitsattiin tolpat kiinni ja hitsauksen jälkeen hiottiin hitsatut saumat tasaisiksi. Seuraavaksi käännettiin elementtirunko ympäri tolppileen trukkien avulla. Elementtirunko jäi odottamaan kahta seuraavaa elementtirunkoa. Kaksi seuraavaa elementtirunkoa valmistettiin samalla tavalla, kuin ensimmäinen elementtirunko.

6.6 Maalaus

Ennen maalausta suoritettiin elementeille tinneripesu. Tämän tarkoituksena oli poistaa maalausta haittaavat epäpuhtaudet. Elementtien maalaukseen valittiin teknodur combi 3430–09. Tämä 2-komponenttimaali ei tarvitse perinteistä pohja- ja pintamaalausta, vaan sen voi maalata suoraan teräksen päälle. Tämä nopeuttaa ja tehostaa maalaamista merkittävästi, koska ei tarvitse odottaa pohjamaalin kuivumista.

Lisäksi teknodur combi omaa suuren kuiva-ainepitoisuuden. Tällöin ilmaan ei haihdu ohenteita niin paljon, kuin perinteisellä maalaustavalla. Valittu menetelmä on siis ympäristöystävällisempää maalaustapaa. Maalatut elementit ovat liikuteltavissa alle vuorokaudessa, kun muuten siihen kuluisi noin 1,5 vuorokautta. Värisävy oli asiakkaan haluama RAL 7042 (vaalean harmaa).

Maalausvälineenä käytettiin sähköstatiikkaruiskua. Sähköstatiikka vähentää merkittävästi ohiruiskutuksessa syntyvää maalihukkaa. Kuvassa 33. on esitelty sähköstatiikan toimintaperiaate. Maalin kuivumisen jälkeen elementit siirrettiin ulos pihamaalle kahden pienemmän trukin avulla odottamaan kuljetusta.



Kuva 33. Periaatekuva sähköstatiikkaruiskutuksesta (RTV 2012, 1.)

7 RAPPUSELEMENTTI

Rappuselementin valmistus aloitettiin katkaisemalla rappusten runkoteräksset. Teräsrungon profiiliksi oli valittu 200 mm x 10 mm lattateräs. Ennen katkaisua piirrotettiin teräksset. Katkaisu tehtiin piirroituksen mukaan. Katkaisu suoritettiin 230 mm kulmahiomakoneella, johon oli laitettu 2 mm paksuinen katkaisulaikka. Katkaisun jälkeen piirrotettiin askelmien kohdat ja niihin porattiin magneettiporakoneella 12 mm reiät.

Askelmina käytettiin valmiita kuumasinkittyjä teräsaskelmia. Porauksen jälkeen laitettiin pari askelmaa paikalleen. Askelmat kiinnitettiin teräsrunkoihin ruuviliitoksilla. Tämän jälkeen sahattiin pyöreät kaideputket ja hitsattiin ne paikalleen. Seuraavaksi hitsattiin kiinnityslaput alapäähän. Lapuissa oli valmiiksi porattu 13 mm reikä.

Hitsauksen jälkeen hitsisaumat hiottiin 125 mm napalaikalla, joka oli kiinnitetty sähköllä toimivaan kulmahiomakoneeseen. Tämän jälkeen napalaikka vaihdettiin paperilaikkaan, jolla siloteltiin saumat sileämmiksi. Kiinnitetyt askelmat purettiin ja rappuselementin puoliskot nostettiin hiekkapuhalluskärjyle odottamaan hiekkapuhallusta.

Hiekkapuhalluksen jälkeen rappuselementit ripustettiin maalauksen ajaksi roikkumaan. Ripustamisessa tulee huomioida maalattavan kappaleen asento ja kohdat joista kappale roikkuu. Tämä tehtiin siksi, ettei kappaleen asentoa tarvitsisi muuttaa maalauksen aikana ja maalaamatonta pintaa jäisi mahdollisimman vähän.

Maalaus suoritettiin samalla tavalla kuin aikaisemmin. Maalauksen jälkeen rappuselementti kasattiin laittamalla askelmat paikalleen ruuviliitoksilla. Kasauksen jälkeen rappuselementti siirrettiin ulos odottamaan kuljetusta asennuspaikalle. Kuvassa 34. on kuva valmiista rappuselementistä, joka on paikalleen asennettu.



Kuva 34. Rappuselementti asennettuna paikalleen

8 KAIDE-ELEMENTTI

Kaide-elementin valmistus aloitettiin hiekkapuhaltamalla teräsputket. Teräsputket olivat nostettuina hiekkapuhalluskärryyn. Hiekkapuhalluksen jälkeen katkaistiin neliönmuotoiset kaideputket vannesahalla ja hitsattiin ne. Kaiteeseen jätettiin aukko, johon tulevat sisäänpäin aukeavat portit. Portit valmistettiin samasta materiaalista kuin kaide.

Portit kiinnitettiin kaiteeseen hitsattavien saranojen avulla. Porttien lukitus tehtiin U-profiilisella teräsputkella. U-profiiliin hitsattiin vedin ja porattiin akkuporakoneella 8 mm läpireikä profiilin kylkeen. Ennen asennusta piti leikata päälisivuun aukko, jotta salpa pystyisi nousemaan tarpeeksi. Salvan kiinnitys tapahtuu porttiin poratun 8 mm läpireiän avulla.

Kiinnittämiseen käytettiin läpi tulevaa 8mm kierreruuvia. Hitsisaumat hiottiin ensin tasaisiksi 125 mm napalaikalla ja sen jälkeen silotettiin paperilaikalla. Ennen maalausta suoritettiin kaiteiden ripustelu ja tinneripesu. Maalaus tehtiin samalla tavalla kuin edelliset elementit. Maalauksen jälkeen kaide-elementti oli valmiina kuljetettavaksi asennuspaikalle. Kuvassa 35. on kuvattu kaide-elementtiä ja kuvassa 36. tarkempi kuva portista.



Kuva 35. Kaide-elementti paikalleen asennettuna



Kuva 36. Portti tasanteelta kuvattuna

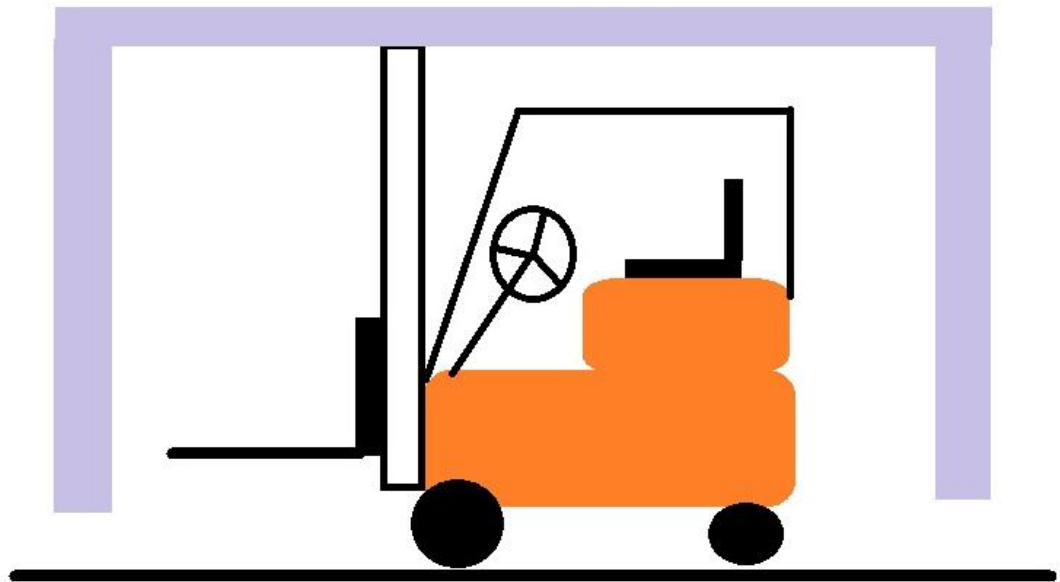
9 KULJETUS

Kuljetusta suunniteltaessa tulee huomioida tieliikenteeseen säädettyt maksimi mitat. Kuorma-auton sallittu maksimi pituus on 12 metriä. Sallittu maksimi korkeus on 4,2 metriä. Maksimileveys kuorma-autolle on 2,6 metriä. Erikoiskuljetuksista on kerrottu tarkemmin liitteessä 1.

Elementit pystytettiin kuljettamaan omalla kuorma-autolla. Kuljetuksessa vietiin elementit yksi kerrallaan. Elementit kuljetettiin kyljellään. Tällöin kuljetus oli hieman ylileveä 2,85 metriä, joten jouduttiin asentamaan kuorma-autoon ylileveäkuljetusvalot. Ensin kuljetettiin asennuspaikalle kaksi trukkia, joilla pystytettiin purkamaan elementtikuormat. Trukkeja tarvittiin myös asennuksessa. Kaikki kuljetukset saatiin tuotua saman päivän aikana. Elementtien asennus päästiin aloittamaan seuraavana päivänä.

10 ASENNUS

Asennus aloitettiin takaseinän elementistä siten, että elementti kannettiin trukeilla kynnyksen yli. Tämän jälkeen ajettiin pienempi trukki elementin alle ja nostettiin elementti irti maasta trukin mastolla. Elementti oli tasapainossa, joten kuljettaminen oli mahdollista yhdellä trukilla. Lisäksi oli kaksi miestä, jotka auttoivat elementtiä pysymään tasapainossa. Kuvassa 37. on esitetty miten elementtiä kuljetetaan paikalleen.



Kuva 37. Periaate miten elementit kuljetetaan paikalleen asiakkaan tiloissa

Elementin kääntö tapahtui seinässä olevan aukon kohdalla, josta pääsi kulkemaan vanhalle puolelle. Vanhalla puolella tarkoitetaan toimitiloja, jotka olivat olemassa ennen laajennusta. Käännön jälkeen piti varoa seinässä olevaa sähkötaulua. Sähkötaulun kohta oli myös hallin kapein kohta.

Saatiin ensimmäinen elementti paikalleen, se kiinnitettiin lattiaan muutamalla kiila-ankkurilla. Seuraavana tuotiin keskimäinen elementti samalla periaatteella. Ennen paikalleen laittoa poistettiin väliaikainen tukitolppa trukin kannatella elementtiä. Viimeinen elementti tuotiin samalla tavalla paikalleen kuin kaksi edellistä elementtiä. Elementit oli saatu sisälle, joten kiinnitettiin loput kiila-ankkurit ja täkkipultit.

Tämän jälkeen hitsattiin elementit päältä päin toisiinsa kiinni ja asennettiin yksi irtonainen teräspalkki paikalleen. Teräspalkki asennettiin takimmaisen ja keskimmäisen elementin liitoskohtaan, joka mahdollisti sen että filmivaneri pystytettäisiin asentamaan seinään asti. Muuten lattiaan olisi jäänyt noin 30 cm rako. Väliaikainen tukitolppa hitsattaisiin paikalleen vasta, kun maalivarasto on rakennettu valmiiksi.

Tällä varmistetaan se, ettei tukitolppa häiritse tai rajoita maalivaraston rakentamista. Rungon asennuksen jälkeen asennettiin valmiina olevat teräsrappuset ja teräskaiteet. Rappuselementti ja kaide-elementti hitsattiin kiinni teräsrunkoon.

Alapäästä rappuselementti kiinnitettiin betonilattiaan kiila-ankkurilla. Viimeinen asennusvaihe oli filmivanerien kiinnittäminen teräsrunkoon. Kiinnitys tapahtui ruutinallilla ammuttavalla teräsnaulalla. Ruutinallin ansiosta naula lävistää filmivanerin ja 5 mm vahvan teräksisen runkopalkin ilman esireikää. Tällöin filmivanerien asennus on nopeaa ja tehokasta. Ainoa asia mikä voi hidastaa filmivanerien asennusta, on niiden mahdollinen sahaaminen oikean kokoiseksi. Viimeisenä suoritetaan kolhujen ja hitsaus-saumojen paikka maalaus, jonka jälkeen asennuskalusto vietiin pois. Kuvassa 38. on kuvattu tarkemmin filmivanerin kiinnitystapaa.



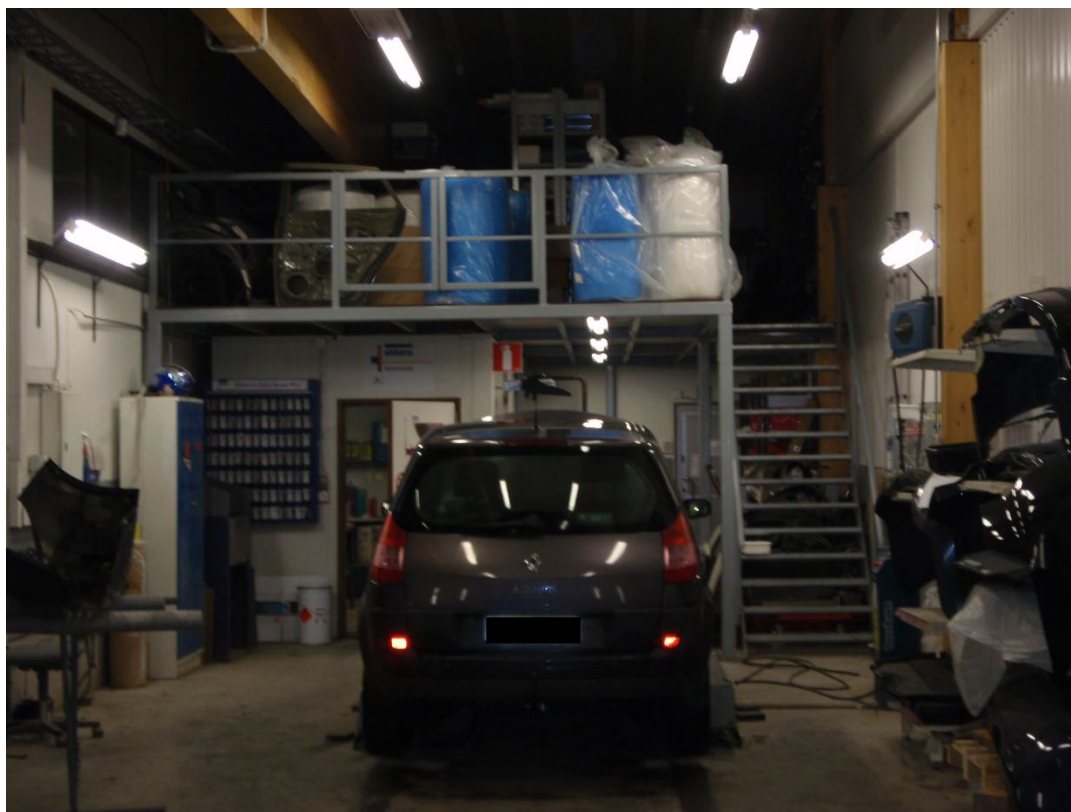
Kuva 38. Filmivanerin kiinnitys teräsnauloilla

11 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työstä tuli toimiva kokonaisuus, joten jatkossa voidaan hyödyntää tätä ajatusmallia. Lopputulos miellytti asiakasta niin laadullisesti kuin hinnallisesti. Liitteessä 2. on asiakas vastannut asiakaskyselyyn. Projektin aikana ei sattunut työtapaturmia eikä muitakaan vahinkoja.

Ainoa asia mitä pystyisi kehittämään vastaavanlaisissa tapauksissa, olisi elementtien kiinnitys toisiinsa. Kiinnitysmekanismin tulisi olla sellainen, että elementit voitaisiin kiinnittää toisiinsa järkevästi.

Tällöin filmivanerit olisivat asennettu paikalleen ennen kuin elementit olisivat asiakkaan pihalla. Tosin runkorakenteita on helpompi käsitellä ilman filmivanereita. Ongelmana kehitystyössä on se, että kohteet ovat aina erilaisia. Tätä uutta ajatusmallia voi soveltaa tapauskohtaisesti.



Kuva 39. Valmis kokonaisuus edestäpäin kuvattuna

LÄHTEET

British Steel Corporation Tubes Divicion. 1987. RHS-putkipalkkikäsikirja.

Erikoiskuljetusluvan lupaehdot. 2010. Elinkeino-, liikenne-, ja ympäristökeskus. Viitattu 15.10.2012. www.ely-keskus.fi/fi/Liikenne/.../kuljetusluvan_lupaehdot_2010.pdf

Eulerin nurjahdustapaukset. 2013. TAMK. Viitattu 6.1.2013. http://home.tamk.fi/~mlahteen/arkistot/lujl_pdf/luku_10_k.pdf

Hiekkapuhallus. 2012. Wikipedia. Viitattu 10.12.2012. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Hiekkapuhallus>

Hiekkapuhalluslaite. n.d. RTV. Viitattu 8.1.2013. <http://www.rtv.fi/kone-ja-pintakaesittelyosasto/norblast-tuotteet/ohjeet/osaluettelo>

Hitsaus. 2012. Wikipedia. Viitattu 29.12.2012. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Hitsaus>

Jauhekaarihitsaus. 2012. Wikipedia. Viitattu 29.12.2012. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Kaarihitsaus#Jauhekaarihitsaus>

Kaarihitsaus. 2012. Wikipedia. Viitattu 29.12.2012 <http://fi.wikipedia.org/wiki/Kaarihitsaus>

Lepola, P. & Makkonen, M. 2004. Hitsaus- ja teräsrakenteet. 4.-5. painos. Porvoo: WS Bookwell Oy.

Maaranen, K. 2008. Koneistustekniikat. 1.-3. painos. Helsinki: WSOY.

Pistehitsaus. 2012. Wikipedia. Viitattu 29.12.2012. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Vastuhitsaus#Pistehitsaus>

Rakennusten käyttöturvallisuus määräykset ja ohjeet. 2001. Ympäristöministeriö. Viitattu 5.1.2013. www.finlex.fi/data/normit/6376-F2.pdf

Rakennusten paloturvallisuus määräykset ja ohjeet. 2011. Ympäristöministeriö. Viitattu 5.1.2013. www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=126522&lan=fi

Rautaruukki Oyj. 2010. Hitsatut profiilit käsikirja. Uudistettu 3. painos. Keuruu: Rautaruukki Oyj.

Rautaruukki Oyj. 2012. Rakenneputket EN 1993 käsikirja.
Keuruu: Rautaruukki Oyj.

Sähköstatiikkaruisku. n.d. RTV. Viitattu 15.12.2012. <http://www.rtv.fi/kone-ja-pintakaesittelyosasto/kremlinrexson/ruiskutuslaitteet/saehkoestatiikkaruiskutus/lisaetietoja-2/ruiskutuslaitteet/saehkoestatiikkaruiskutus/saehkoestatiikkaruiskutus-1>

Tapola, P. 14.1.2013. RAL. Herajoki Yritysmyynti. [sähköpostiviesti].
Viitattu 14.1.2013.

TIG hitsaus. 2012. Wikipedia. Viitattu 29.12.2012.
<http://fi.wikipedia.org/wiki/TIG-hitsaus>

Valtanen, E. 2008. Tekniikan taulukkokirja. 16. painos. Jyväskylä: Genesis-kirjat Oy.

Vannesaha. 2012. Wikipedia. Viitattu 10.12.2012.
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Vannesaha>

ERIKOISKULJETUSLUVAN LUPAEHDOT 4/2010



Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus

ERIKOISKULJETUSLUVAN

LUPAEHDOT 4/2010

Voimassa 1.4.2010 alkaen

1(9)

Ehdot sisältävät keskeisimmät osat erikoiskuljetuksia koskevista säädöksistä ja kuljetukselle asetetuista muista ehdoista. Luvassa voi olla myös erikoisehtoja kuten sillan ylitys valvottuna tai ilmoitus kuljetuksesta. Erikoiskuljetuspäätöksen lyhenteenä LmPEK tarkoittaa säädöstä Liikenneministeriön päätös erikoiskuljetuksista ja erikoiskuljetusajoneuvoista.

1. Yleiset ehdot

LMpEK 16 ja 31a §

Ajoneuvon täytyy olla liikenteeseen hyväksytty. Ajoneuvon ajoneuvorekisteriin merkittyä tai kuljetusluvassa ilmoitettua akseli-, teli- tai kokonaismassaa ei saa ylittää. Erikoiskuljetukseen hyväksytyn yleisesti tielle sallitut mitat tai massat ylittävän perävaunun kytkentä vetoautoon täytyy olla kytkentäkatsastuksessa hyväksytty.

Pirkanmaan elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskuksen myöntämä erikoiskuljetusluva on voimassa vain luvassa mainitulla reitillä/reiteillä. Reitiltä poikenneeseen kuljetukseen sovelletaan yleisiä ajoneuvojen tiellä liikkumista koskevia säädöksiä. Viranomaistarkastuksessa samassa luvassa pitää olla tarkastettavan kuljetuksen mitat ja massat.

Erikoiskuljetuslupa tai sen jäljennös liitteineen on pidettävä kuljetuksen mukana ja vaadittaessa se on esitettävä liikenteen valvojalle. Reittiselostetta ei pidetä jäljennöksenä luvasta, jos reittiin liittyvää lupaa tai sen jäljennöstä liitteineen ei esitetä valvojalle. Poliisin lisäksi muita liikenteen valvojia ovat esimerkiksi tie-, tulli- ja rajaviranomaiset.

Erikoiskuljetuslupa voidaan perua, jos olosuhteet ovat luvan myöntämisen jälkeen oleellisesti muuttuneet.

2. Muut luvut

Kunnat

Pirkanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen myöntämä erikoiskuljetuslupa on voimassa vain luvassa nimetyillä kunnan kaduilla tai teillä. Jos luvassa ei ole yksilöity kunnan katuja, kunnan antama kirjallinen suostumus täydentää reittiä näiltä osin. Pelkkä kunnan antama suostumus ilman Pirkanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen myöntämää kuljetuslupaa ei oikeuta kuljetukseen.

Yksityistiet

Yksityistien tienpitäjältä täytyy saada erikseen lupa yksityistien käyttämiseen, jos yksityistietä ei ole nimetty Pirkanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen myöntämässä kuljetusluvassa.

Rautatien tasoristeykset

Yli 4,5 metriä korkea kuljetus tarvitsee Liikenneviraston rautatieosastolta luvan, kun se ylittää sähköistetyin rautatien tasoristeyksen. Lupa tarvitaan myös erityisjärjestelyjä vaativan sähköistetyin tai muun tasoristeyksen ylittämiseen.

Kuljetuksessa tulee noudattaa Liikenneviraston rautatieosaston ohjeita erikoiskuljetusten suorittamisesta rautateiden tasoristeyksissä. Ohjeet ovat internetissä (www.ely-keskus.fi/erikoiskuljetukset) ja niitä saa pyydettyäessä Pirkanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksesta.

Nämä lupaehdot täyttyv pitää kuljetuksen mukana.

**PIRKANMAAN ELINKEINO-,
LIIKENNE- JA YMPÄRISTÖKESKUS**

**ERIKOISKULJETUSLUVAN
LUPAEHDOT 4/2010**

Voimassa 1.4.2010 alkaen

2(9)

Raitiotiejohdot

Yli 4,8 m korkean kuljetuksen liikkuesssa raitiotieverkolla, on oltava yhteydessä HKL:ään vähintään kaksi työpäivää ennen kuljetusta. Lisätietoja raitiotieverkosta ja yhteystiedot HKL:n verkkosivuilta (www.hel.fi/hkl).

Ahvenanmaa

Pirkanmaan elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskuksen myöntämä erikoiskuljetuslupa ei ole voimassa Ahvenanmaalla. Lupa haetaan Ahvenanmaan Maakuntahallitukselta. Hakemuslomake ja lisätietoja internetissä (www.is.aland.fi/trafik).

3. Vastuu kustannuksista ja vahingoista

LMpEK 28 ja 32 §

Erikoiskuljetus on suoritettava erityistä varovaisuutta noudattaen ja keli- ja sääolosuhteet huomioiden siten, että se häiritsee mahdollisimman vähän muuta liikennettä eikä siitä aiheudu vahinkoa liikenteelle, tien rakenteille tai laitteille. Poliisi voi tarvittaessa rajoittaa kuljetuksen liikkumista tiellä.

Tavanomaisista tienhoitotoimenpiteistä vastaa tienpitäjä. Pyynnöstä tehtävät hiekoitukset, auraukset tai vastaavat toimenpiteet ovat tilaajalle maksullisia. Yleisten teiden hoitourakoitsijoista saa tiedon ELY-keskusten internetsivuilta (www.ely-keskus.fi/erikoiskuljetukset) tai Tienkäyttäjän linjalta, puhelin 0200 - 2100.

Kuljetusreitillä olevien liikennemerkkiportaalien mahdolliseen nostamiseen tai sähköistettyjen liikenteenohjauslaitteiden irrottamiseen pitää saada asianomaisen tienpitäjän lupa. Asiasta on sovittava hyvissä ajoin. Portaalien ja ohjauslaitteiden nostaminen, irrottaminen ja paikalle asettaminen tehdään tilaajan toimeksiannosta ja kustannuksella. Muita liikenteen ohjauslaitteita saa tilapäisesti irrottaa, jos ne asetetaan välittömästi ennalleen.

Luvansaaja vastaa kaikista erikoiskuljetuksen aiheuttamista vahingoista tiealueen laitteille ja rakenteille sekä kuljetusajoneuvolle ja kuljetukselle.

Luvansaajan on ilmoitettava välittömästi Tienkäyttäjän linjalle numeroon 0200–2100, jos erikoiskuljetus vahingoittaa tiealueen laitteita ja rakenteita tai irrotettua liikenteen ohjauslaitetta ei voida asettaa ennalleen.

4. Muuta huomioitavaa

LMpEK 28 §

Liikennemerkkein osoitettuja painorajoituksia on noudatettava, jos erikoiskuljetusluvassa ei ole myönnetty niihin yksilöityjä poikkeuksia. Erikoiskuljetusluvassa mainittu reitti ei ole tällainen yksilöity poikkeus.

Luvansaajan on ennen kuljetusta selvitettävä sähkö- ja puhelinjohtojen korkeudet ja tarvittaessa sovittava johtojen omistajien kanssa kuljetuksen vaatimista toimenpiteistä.

Tien rakenteisiin tai laitteisiin kuljetusta varten tehtävistä muutoksista on sovittava tienpitäjän kanssa. Tällaisia tilapäisiä muutoksia voivat olla kaiteiden poistaminen, valaisinpylväiden irrottaminen, uuden liittymän rakentaminen, liittymän muuttaminen,

Nämä lupaehdot täytyy pitää kuljetuksen mukana.

PIRKANMAAN ELINKEINO-,
LIIKENNE- JA YMPÄRISTÖKESKUS

ERIKOISKULJETUSLUVAN
LUPAEHDOT 4/2010

Voimassa 1.4.2010 alkaen

3(9)

korokkeiden ylittämislaiskien rakentaminen, tierungon vahvistaminen tai muut toimenpiteet.

5. Kuormaus

LMpEK 16a ja 18 §

Jakamattoman esineen kuormauksessa on ensisijaisesti pyrittävä välttämään kuljetuksen ylileveyttä. Pitkät esineet on kuljetettava ensisijaisesti puoliperävaunussa, korkeat matalarakenteisessa tai syväkuormausperävaunussa ja leveät tarvittaessa vinopukkien päälle kuormattuna leveyden välttämiseksi.

Useampaa jakamatonta esinettä saa kuljettaa samassa kuljetuksessa vain, jos kuljetettavat jakamattomat esineet aiheuttaisivat yksinään kuljetuksen sallitun pituuden, leveyden tai korkeuden ylittämisen. Tiellä yleisesti sallittua mitta- tai massa-arvoa ei saa ylittää kuljetettavien esineiden sijoittamisella päällekkäin, rinnakkain tai peräkkäin.

6. Varoitusauto ja liikenteenohjaaja

LMpEK 6, 21a, 21b, 22, 23, 23a ja 26 §

Varoitusauton käyttö määräytyy kuljetuksen mittojen perusteella. Liikenteenohjaajaa on käytettävä aina kuljetuksen liikkeessä liikennesäännöistä poikkeavasti ja/tai kuljetuksen mittojen perusteella. Kaikissa tapauksissa varoitusauton käyttö ei vaadi liikenteenohjaajaa eikä liikenteenohjaajan käyttö varoitusautoa. Liikenteenohjaaja saa kuljettaa varoitusautoa. Varoitusautoista on yleensä yksi kuljetuksen takana ja muut kuljetuksen edessä. Moottoriteillä ja muilla teillä, joilla vastaantulevaa liikennettä ei ole, varoitusauto tai -autot kulkevat kuljetuksen takana. Kun erikoiskuljetus liikkuu kapeilla teillä, missä ohittaminen on mahdotonta, takavaroitusauto voi puolestaan yhdessä etuvaroitusauton kanssa liikkua kuljetuksen edellä.

Yli 7 metriä leveissä kuljetuksissa pitää olla vähintään neljä varoitusautoa, joista yksi tai useampi saa olla poliisiauto.

Nämä lupaehdot täytyy pitää kuljetuksen mukana.

PIRKANMAAN ELINKEINO-,
LIIKENNE- JA YMPÄRISTÖKESKUS

ERIKOISKULJETUSLUVAN
LUPAEHDOT 4/2010

Voimassa 1.4.2010 alkaen

4(9)

Varoitustoimenpiteet

		Kuljetuksen mitat													
Varoitustoimet	Korkeus yli 5 m	Kuljetuksen leveys B (m)													
		B≤3		3<B≤3,5		3,5<B≤4		4<B≤5		5<B≤7		B>7			
		Kuljetuksen pituus L (m)													
		L≤30	30<L≤40	L>40	L≤25,25	25,25<L≤30	30<L≤45	L>45	L≤30	30<L≤40	L>40	L≤35	L>35	Kaikki pituudet	Kaikki pituudet
Varoitusautoja edessä	1		1	1		1	1	2	1	1	2	1	2	2	2
Varoitusautoja takana				1			1	1		1	1	1	1	1	1
Liikenteenohjaajia	1		1	2			2	3		2	3	2	3	3	3
Poliisiauto tai varoitusauto ja liikenteenohjaaja															1

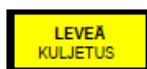
Taulukko perustuu erikoiskuljetuspäätöksen 22. ja 26. pykälään. Taulukossa on esitetty varoitustoimenpiteiden vähimmäismäärä kuljetuksessa. Kuljetuksen mitoista riippumatta liikenteenohjaajaa pitää käyttää aina kuljetuksen liikkua liikennesääntöjen vastaisesti.



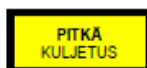
Varoitusauto, varusteet ja niiden käyttö

Varoitusautona saa käyttää henkilöautoa, pakettiautoa tai enintään neljän tonnin painoista kuorma-autoa.

Varoitustauluja käytetään varoitusautoissa ja yli 25,25 metriä pitkässä kuljetusajoneuvossa takana, jos kuljetuksen takana ei tarvitse käyttää varoitusautoa. Varoitusautossa käytettävän varoitustaulun tulee olla tieviranomaisen hyväksymän yrityksen valmistama. Taulujen valmistajien yhteystiedot löytyvät internetistä (www.ely-keskus.fi/erikoiskuljetukset). Varoitustauluja käytetään niin, että ensisijaisesti varoitetaan kuljetuksen leveydestä, toiseksi pituudesta ja kolmanneksi korkeudesta:



- Kuljetus on yli 3,5 metriä leveä (pituudella tai korkeudella ei ole merkitystä)



- Kuljetus on yli 3 metriä leveä, mutta enintään kuitenkin 3,5 metriä, ja samanaikaisesti kuljetuksen pituus on yli 25,25 metriä tai
- kuljetuksen leveys on enintään 3 metriä ja samanaikaisesti pituus on yli 30 metriä



- kuljetus on yli 5 metriä korkea eikä se ole ylileveä tai -pitkä tai
- korkea kuljetus liikkuu liikennesääntöjen vastaisesti

Nämä lupaehdot täytyy pitää kuljetuksen mukana.

PIRKANMAAN ELINKEINO-,
LIIKENNE- JA YMPÄRISTÖKESKUS

ERIKOISKULJETUSLUVAN
LUPAEHDOT 4/2010

Voimassa 1.4.2010 alkaen

5(9)

Varoitusvalaisimet ja niiden käyttö

Varoitusauto ja erikoiskuljetusajoneuvo on varustettava vähintään kahdella ruskeankeltaista valoa vilkkuvilla varoitusvalaisimilla. Traktorissa pitää olla vähintään yksi vastaava varoitusvalaisin.

Varoitusvalaisimia on käytettävä kuljetuksen liikkeessä liikennesäännöistä poikkeavasti tai kun muun liikenteen varoittaminen on tarpeen ilmeisen vaaran välttämiseksi tai kun kuljetuksessa käytetään varoitusautoa.

Varoitusvalaisimia ei saa käyttää erikoiskuljetusajoneuvossa tai edellä kulkevassa varoitusautossa, jos kysymyksessä on yksinomaan ylikorkea tai yli pitkä kuljetus ja kuljetus liikkuu normaalien liikennesääntöjen mukaisesti.

Vapaan korkeuden mittalaitteen käyttö

Vapaan korkeuden mittalaitetta käytetään etuvaroitusautossa, kun kuljetuksen korkeus on yli 5 metriä.

Varoitusauton henkilöstö ja viestintävälineet

Liikenteenohjaaja saa kuljettaa varoitusautoa. Varoitusautojen ja erikoiskuljetusajoneuvon kuljettajilla täytyy olla keskenään radio- tai puhelinyhteys ja yhteinen yhteydenpitokieli. Ainakin yhdessä varoitusautossa tulee olla suomen- tai ruotsinkielentaitoinen henkilö.



Liikenteenohjaaja ja varusteet

Erikoiskuljetuksen liikenteenohjaajana saa toimia vain henkilö, jolla on EKL-oikeus. EKL-oikeus osoitetaan EKL-kortilla. Liikenteenohjaajalla pitää olla voimassaoleva ajo-oikeus ja hänen pitää olla ajokykynen.

Liikenteenohjaajan asun on oltava näkyvä ja heijastimin varustettu. Asuna on käytettävä standardin SFS-EN 471 luokan 3 tai vastaavaa näkyvää varoitusvaatetusta.



Muun liikenteen pysäyttämiseen on käytettävä pienoiskoossa (Ø 200 tai 400 mm) olevaa liikennemerkkiä numero 311, ajoneuvolla ajo kielletty. Pimeän tai hämärän aikana on käytettävä vastaavaa sisältä valaistua tai led- tekniikalla valmistettua liikennemerkkiä (Ø 200 mm).

Vaativuudet asusta ja varusteista ovat julkaisussa numero TIEH2270011-01 ja ne löytyvät Pirkanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen internetsivuilta (www.ely-keskus.fi/erikoiskuljetukset)

7. Liikenteen ohjaus

LMpEK 26 §

Jos kuljetuksessa on useita liikenteenohjaajia, yhden heistä on toimittava johtavana liikenteenohjaajana. Poliisi on virka-asemansa perusteella johtava liikenteenohjaaja. Johtava liikenteenohjaaja määrää muiden liikenteenohjaajien sijainnin kuljetuksessa. Kun kuljetuksesta huolehtii kolme tai useampi liikenteenohjaajaa, vähintään kaksi heistä ohjaa liikennettä pääsääntöisesti kuljetuksen edessä. Liikenteenohjaajaa on

Nämä lupaehdot täytyy pitää kuljetuksen mukana.

**PIRKANMAAN ELINKEINO-,
LIIKENNE- JA YMPÄRISTÖKESKUS**

**ERIKOISKULJETUSLUVAN
LUPAEHDOT 4/2010**

Voimassa 1.4.2010 alkaen

6(9)

käytettävä aina, kun kuljetus liikkuu liikennesäännöistä poikkeavasti. Erikoiskuljetusajoneuvon kuljettaja ei saa toimia liikenteenohjaajana.

Poliisi päättää missä määrin se ohjaa kuljetusta, kun kuljetus on yli 7 metriä leveä. Tällaisesta kuljetuksesta on ilmoitettava kolme vuorokautta ennen kuljetusta lähtöpaikan Liikkuvan poliisin yksikölle. Kuljetuslupa on voimassa vain silloin kun poliisi on saanut ilmoituksen kuljetuksesta ja antanut kuljetukselle lähtöluvan.

Jos kuljetus tulee liikkumaan moottoritieellä liikennesääntöjen vastaisesti klo 6 - 21 välisenä aikana, on luvansaajan otettava hyvissä ajoin yhteyttä poliisiin tarvittavan liikenteenohjauksen järjestämiseksi.

8. Erikoiskuljetusten ryhmä

LMpEK 27 §

Erikoiskuljetuksia saa kuljettaa enintään kuuden erikoiskuljetuksen ryhmänä. Varoitusautoja ja liikenteenohjaajia pitää olla vähintään jonon edessä ja takana sekä kaikkien yli kuusi metriä leveiden kuljetusten edessä ja takana. Neljän tai useamman kuljetuksen ryhmässä täytyy olla varoitusauto ja liikenteenohjaaja edessä, takana ja jokaisen kahden kuljetuksen jälkeen. Varoitusautojen vähimmäismäärä jonon edessä määräytyy ryhmään kuuluvan suurimman kuljetuksen leveyden tai pituuden mukaan. Yksinomaan ylikorkeissa kuljetuksissa riittää yksi varoitusauto ja liikenteenohjaaja enintään kolmen kuljetuksen edessä.

9. Ajonopeus

LMpEK 24 §

Kuljetuksen ollessa 3,5 metriä leveämpi suurin sallittu nopeus on 60 km/h. Kun kysymyksessä on ylraskas kuljetus, renkailla ja akselille kohdistuva massa rajoittaa ajonopeutta liikenneministeriön erikoiskuljetuspäätöksen mukaisesti. Esimerkiksi kun parirenkailla varustetulla akselilla massa on suurempi kuin 15 tonnia, on suurin sallittu ajonopeus 40 km/h. Nopeus ei saa kuitenkaan ylittää kuljetusajoneuvolle rekisteriin merkittyjä nopeuksia tai liikennemerkeillä osoitettuja nopeuksia.

10. Aikarajoitukset

Yli 4 metriä leveää, yli 30 metriä pitkää tai yli 5,0 metriä korkeaa kuljetusta ei saa suorittaa:

- maanantaista perjantaihin klo 6 - 9 ja 15 - 17. Rajoitus on voimassa kaikilla teillä Uudenmaan, Varsinais-Suomen, Pirkanmaan, Kanta-Hämeen, Päijät-Hämeen, Itä-Uudenmaan ja Kymenlaakson maakunnissa, sekä Lappeenrannan, Joensuun, Jyväskylän, Kuopion, Vaasan, Oulun ja Rovaniemen taajama-alueilla.
- kesäaikana (1.5. - 31.8.) maanantaista perjantaihin klo 6 - 9 ja 15 - 17 sekä perjantaisin ja sunnuntaisin klo 15 - 20. Tämä rajoitus on voimassa kaikilla teillä edellä mainituissa maakunnissa ja lisäksi valta- ja kantateillä Etelä-Karjalan, Etelä-Savon, Keski-Suomen ja Satakunnan maakunnissa.
- edellisten lisäksi juhannuksen ja joulun aaton aattona, pitkäperjantain aattona tai perättäisistä juhlapyhistä viimeisenä klo 15 - 20. Rajoitus on voimassa koko maassa valta- ja kantateillä.

Nämä lupaehdot täytyy pitää kuljetuksen mukana.

**PIRKANMAAN ELINKEINO-,
LIIKENNE- JA YMPÄRISTÖKESKUS**

**ERIKOISKULJETUSLUVAN
LUPAEHDOT 4/2010**

Voimassa 1.4.2010 alkaen

7(9)

Aikarajoitukset ovat voimassa myös erikoiskuljetuslupa- sisältyvillä kuntien katu- ja tieverkoilla. Moottoriteillä aikarajoitukset koskevat kaikkia ajoneuvoja, joiden suurin sallittu ajonopeus on 50 km/h.

Poliisi voi antaa luvan poiketa aikarajoituksista. Virkatyönä liikennettä ohjatessaan poliisi määrää milloin kuljetus saa liikkua.

Sovelletut säädökset

Tieliikennelaki 267/1981

Ajoneuvolaki 1090/2002

Liikenne- ja viestintäministeriön asetus autojen ja perävaunujen rakenteista ja varusteista 1248/2002

Liikenne- ja viestintäministeriön asetus traktorien, moottorityökoneiden ja maastoajoneuvojen, niiden perävaunujen sekä hinattavien laitteiden rakenteesta ja varusteista 274/2006.

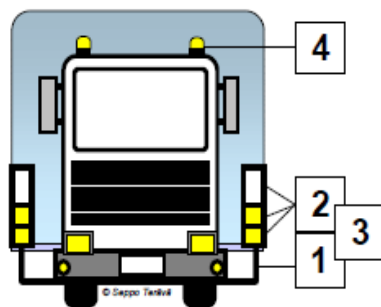
Asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä 1257/1992

Liikenneministeriön päätös erikoiskuljetuksista ja erikoiskuljetusajoneuvoista 1715/92 sekä muutokset 441/1998, 958/1998, 750/2001, 1253/2002 ja 553/2003

ERIKOISKULJETUKSEN MERKITSEMINEN

- Ajoneuvonosturit ja muut kuin kuorman kuljettamiseen tarkoitetut ajoneuvot varustetaan liikenneturvallisuus huomioon ottaen merkintöjä soveltaen.
- Ajoneuvon liikenteeseen hyväksymisessä määrättyjen valaisimien ja heijastimien lisäksi kuljetus on merkittävä seuraavasti:

Merkinnät edessä



Kuljetuksen leveys enintään 4 metriä

1. Merkkitanko vetoauton etuosaan tai ohjaamon taakse kuorman leveydelle, kun leveys on enintään 3,5 metriä.
2. Tankoihin valkoiset 10x20 cm heijastimet ja ruskeankeltaista valoa näyttävät valaisimet. Valaisimia kaksi päällekkäin yli 3 metriä leveissä kuljetuksissa.
3. Valaisimet ja heijastimet saa kiinnittää kuormaan yli 3,5 metriä leveissä kuljetuksissa.
4. Kiertävää tai vilkkuvaa ruskeankeltaista valoa näyttävää varoitusvalaisinta käytetään kuljetusajoneuvossa samanaikaisesti, kuin varoitusautilossa.

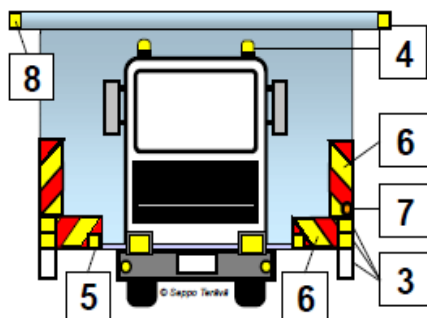
Nämä lupaehdot täytyy pitää kuljetuksen mukana.

PIRKANMAAN ELINKEINO-,
LIIKENNE- JA YMPÄRISTÖKESKUS

ERIKOISKULJETUSLUVAN
LUPAEHDOT 4/2010

Voimassa 1.4.2010 alkaen

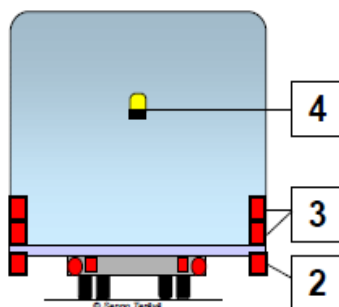
8(9)



Kuljetuksen leveys yli 4 metriä

5. Ruskeankeltaista valoa näyttäviä lisävalaisimia on oltava enintään metrin välein, kun ajoneuvon valojen ja kuorman uloimpien valojen etäisyys on yli metrin.
6. Edellä olevien merkintöjen lisäksi tunnuskilvet kuljetuksen leveydelle pysty- ja vaakasuuntaan ainakin osa kuorman muotoa seuraten. Tunnuskilvet pitää olla vuoroin punaisin ja keltaisin vinoraidoin E-säännön numero 70 vaatimuksia vastaavat, joissa eteenpäin suunnattu punainen saa olla päiväloistevärillä maalattu.
7. Yli 7 metriä leveän kuljetuksen enintään 1,9 metrin korkeudella oleva kuorman vasen etualakulma on merkittävä kuomaan tai tunnuskilpeen kiinnitetyllä ruskeankeltaista valoa näyttävällä valaisimella, joka saa olla myös vilkkuva.
8. Yli 1,9 metrin korkeudella oleva 4 metriä leveämpi kuorman osa on merkittävä tarkoituksenmukaisesti.

Merkinnät takana



Kuljetuksen leveys enintään 4 metriä

1. Pitkän yhdistelmän tunnuskilpi, kun kuljetuksen pituus on yli 15,5 metriä. Vastaavat tunnuskilvet kuorman leveydelle asetettuna riittävät yli 4 metriä leveissä kuljetuksissa.
2. Punaiset heijastimet kuorman leveydelle. Ajoneuvoyhdistelmissä kolmion muotoiset ja ajoneuvossa muun muotoiset.
3. Punaista valoa näyttävät valaisimet kuorman leveydelle. Valaisimia kaksi päällekkäin yli 3 metriä leveissä kuljetuksissa.
4. Kiertävää tai vilkkuvaa ruskeankeltaista valoa näyttävä varoitusvalaisin kuorman takaosaan, jos kuljetusajoneuvon valaisin ei näy taaksepäin. Valaisinta ei tarvita, jos takana käytetään varoitusautoa. Valaisinta käytetään samanaikaisesti, kuin varoitusautossa.

Nämä lupaehdot täytyy pitää kuljetuksen mukana.

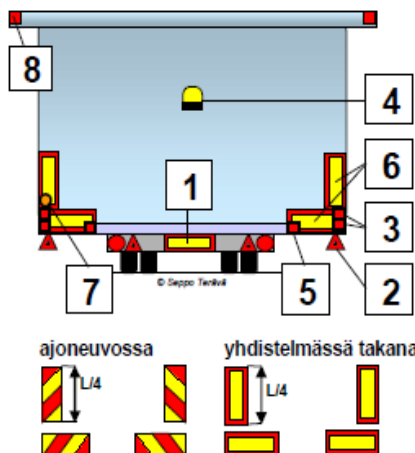
PIRKANMAAN ELINKEINO-,
LIIKENNE- JA YMPÄRISTÖKESKUS

ERIKOISKULJETUSLUVAN
LUPAEHDOT 4/2010

Voimassa 1.4.2010 alkaen

9(9)

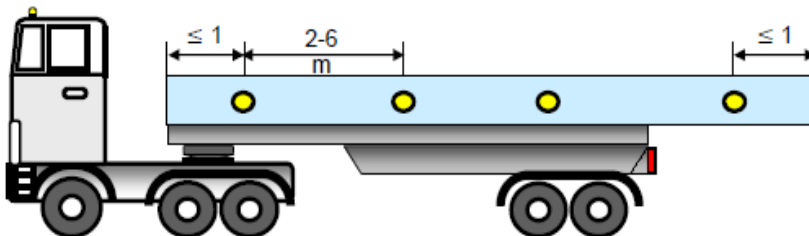
Kuljetuksen leveys yli 4 metriä



5. Punaista valoa näyttäviä lisävalaisimia enintään metrin välein, kun ajoneuvon valojen ja kuorman uloimpien valojen etäisyys on yli metrin.
6. Edellä olevien merkintöjen lisäksi tunnuskilvet kuljetuksen leveydelle pysty- ja vaakasuuntaan ainakin osa kuorman muotoa seuraten. Ajoneuvossa käytettävät tunnuskilvet pitää olla vuoroin punaisin ja keltaisin vinoraidoin sekä ajoneuvoyhdistelmässä punaisin kehyksin keltaisella pohjalla E-säännön numero 70 vaatimuksia vastaavat.
7. Yli 7 metriä leveän kuljetuksen enintään 1,9 metrin korkeudella oleva kuorman vasen taka-alakulma on merkittävä kuormaan tai tunnuskilpeen kiinnitetyllä ruskeankeltaista valoa näyttävällä valaisimella, joka saa olla myös vilkkuva.
8. Yli 1,9 metrin korkeudella oleva 4 metriä leveämpi kuorman osa on merkittävä tarkoituksenmukaisesti.

L= pituus vähintään 1130 mm ja enintään 2300 mm, vinoraitaisen tunnuskilven leveys on vähintään 130 mm ja enintään 150 mm ja perävaunun tunnuskilven leveys on vähintään 195 mm ja enintään 230 mm.

Merkinnät sivulla



Muiden kuin varoitusvalaisimen teho edessä ja takana on 15- 21 W ja sivulla 4-10 W. Valaisimien ja heijastimien korkeus on 0,35- 1,5 m. Tunnuskilvet tai hinattavan laitteen valaisimet ja heijastimet saa olla enintään 2,1 metrin korkeudella.

Nämä lupaehdot täytyy pitää kuljetuksen mukana.

ASIAKASTYYTYVÄISYYSKYSELY

Metallirakenne Lehmuskanta & Co
Lyhtytie 7
11710 RIIHIMÄKI
Puh. 019-751 900

ASIAKASKYSELY

PVM 4.1.2013

Arvosteluasteikko 1-5 1=huono 5=hyvä

Laatu 5

Hinta 4

Toimitus 5

Toimivuus 5

Kokonaisuus 5

Mitä haluttaisiin tehtävän toisin?

KAIKKI OK

Vapaa muotoinen kommentti:

RAKENTE ON HYVÄ

[Signature]

PIIRUSTUKSET

Piirustusnumero on jokaisessa piirustuksessa piirustuksen oikeassa alakulmassa. Esim. A4-777713-1213. Tämä piirustusnumero koskee vain tätä opinnäytetyötä, joten tämä ei ole mikään yleinen ohje piirustusnumeron laatimiseksi. Alla kerrottu mitä kukin numero tarkoittaa.

A4 = Tulosteen paperikoko

7777 = Opinnäytetyön tunnus numero

13 = Piirustuksen tekovuosi 2013

1000 = Kokoonpanokuva valmiista tuotteesta

200 = Kokoonpanokuva elementistä 2.

10 = Kokoonpanokuva valmiista elementin osasta

3 = Yksittäisen osan numero elementin osasta